―――
PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. | 15. September 1903. Redaktionsschluss für No. 25 am 16. September 1903. | 4. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
T. Tamaru, Ein neues Prinzip des Vertikalseismometers. S. 637.
E. F. Huth, Über ein Oszillationsgalvanometer zur Messung elektromagnetischer Strahlung. S. 640.
A. Righi, Über die Ionisierung der Luft durch eine elektrisierte Spitze. S. 641.
A. Byk, Zur Kenntnis des unipolaren Leitvermögens in erhitzten Gasen bei Atmosphärendruck. S. 645.
J. Campanile u. G. di Ciommo, Über das Kondensationsvermögen der durch X-Strahlen ionisierten Luft. S. 648.
W. Ramsay u. F. Soddy, Versuche über Radioaktivität und die Entstehung von Helium aus Radium. S. 651.
W. Kaufmann, Zur Glimmentladung bei Atmosphärendruck. S. 653.
J. Zenneck, Über die Bedeutung der Ansatzdrähte und -Platten in der drahtlosen Telegraphie. S. 656.

Besprechungen:
E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. S. 659.
J. Zacharias, Elektrische Verbrauchsmesser der Neuzeit. S. 659.
K. T. Fischer, Der naturwissenschaftliche Unterricht in England, insbesondere in Physik und Chemie. S. 660.

Personalien. S. 660.
Berichtigungen. S. 660.
Gesuche. S. 660.

An unsere Leser!

Um den Jahrgangswechsel der Physikalischen Zeitschrift mit dem Jahreswechsel in Einklang zu bringen, werden wir den laufenden 4. Jahrgang mit Heft 25—30 bis zum 1. Januar 1904 weiterführen. Das Inhaltsverzeichnis zu diesem Jahrgange wird demnach für den ganzen Jahrgang mit Heft 30 (Ende Dezember) erscheinen.

Redaktion und Verlag der Physikalischen Zeitschrift.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Ein neues Prinzip des Vertikalseismometers.[1])

Von T. Tamaru.

Das Prinzip des jetzt in Japan gebräuchlichen Vertikalseismometers lässt sich folgendermassen darstellen. GBC (s. die Fig.) ist ein starres System, dessen Hauptmasse sich am Ende G befindet; sein Schwerpunkt mag in G sein. Es ist drehbar um eine durch zwei

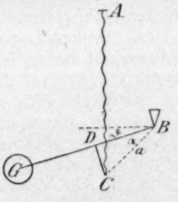


Fig. 1.

Spitzen realisierte, auf GB senkrechte, horizontale Achse in B, und wird durch die am oberen Ende befestigte Spiralfeder AC in der Lage gehalten, wo BG nahezu horizontal ist. Durch eine geeignete Wahl der Konfiguration $GBDC$ wird ein beinahe neutrales Gleichgewicht zustande gebracht. Es ist, falls die Feder lang genug ist und in allen Lagen des Systems als vertikal angesehen werden kann, in der mit ϑ angegebenen Lage die potentielle Energie

$$E = -Wb\sin\vartheta + \int_{\vartheta=o}^{\vartheta} \{T + \lambda a(\sin\overline{\vartheta+\alpha} - \sin\alpha)\} \, d[a(\sin\overline{\vartheta+\alpha} - \sin\alpha)]$$

$$= -Wb\sin\vartheta + Ta(\sin\overline{\vartheta+\alpha} - \sin\alpha) + \frac{\lambda a^2}{2}(\sin\overline{\vartheta+\alpha} - \sin\alpha)^2,$$

wo W das Gewicht des Systems; $b = BG$; T, die Spannung der Feder bei $\vartheta = 0$; λ, den Zuwachs derselben pro cm-Verlängerung bedeutet. Für kleine Werte von ϑ wird

$$E = [-Wb + Ta\cos\alpha]\vartheta + \frac{\lambda a^2\cos^2\alpha - Ta\sin\alpha}{2}\vartheta^2 - \left[\frac{-Wb + Ta\cos\alpha}{6} + \frac{\lambda a^2\sin\alpha\cos\alpha}{2}\right]\vartheta^3 \ldots$$

1) Zum Teil vorgetragen in der II. internationalen seismologischen Konferenz zu Strassburg i. E.

Das erste Glied $=0$, wenn $\vartheta=0$ eine Gleichgewichtslage geben soll. Man nimmt

$$\lambda a^2 \cos^2 \alpha - Ta \sin \alpha$$

positiv und sehr klein und erhält dadurch eine langperiodische Schwingung. Bei einer vertikalen Bewegung von A und B mit der Erde bleibt G (genauer ein Punkt etwas links von G) zurück und macht es möglich, durch seine Bewegung relativ der Erde die Bewegung der letzteren anzugeben.

Da aber der Koeffizient von ϑ^3 in E

$$= -\frac{\lambda a^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2}$$

ist, nicht also beliebig klein gemacht werden kann, so wird bei nicht allzu kleinen Werten von ϑ das Glied mit ϑ^3 fühlbar und E nimmt die Form an:

$$\varepsilon\vartheta^2 - c\vartheta^3,$$

wo ε klein ist. Es ist also

$$\frac{dE}{d\vartheta} = 0 \text{ für } \vartheta = 0 \text{ und } \vartheta = \frac{2\varepsilon}{3c}.$$

Sobald ϑ diesen letzteren (kleinen) Wert überschreitet, wird das System labil und das Instrument hört für immer auf zu funktionieren.

Um diesen Übelstand zu umgehen, schlage ich vor, zwei Federn zu benutzen, und zwar so, wie es Fig. 2 andeutet.

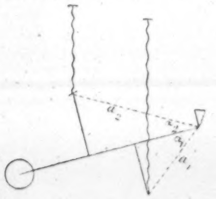


Fig. 2.

Man nehme an, dass die Federn immer vertikal bleiben. E wird jetzt gegeben durch

$$-Wb\sin\vartheta + T_1 a_1 (\sin\overline{\vartheta + \alpha_1} - \sin\alpha_1) + \frac{\lambda_1 a_1^2}{2}(\sin\overline{\vartheta + \alpha_1} - \sin\alpha_1)^2 + T_2 a_2 (\sin\overline{\vartheta - \alpha_2} + \sin\alpha_2) + \frac{\lambda_2 a_2^2}{2}(\sin\overline{\vartheta - \alpha_2} + \sin\alpha_2)^2,$$

wo die Bedeutung der Buchstaben aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist. Diesen Ausdruck kann man so schreiben:

$$E = -T_1 a_1 \sin\alpha_1 + T_2 a_2 \sin\alpha_2 + \frac{\lambda_1 a_1^2}{2}\sin^2\alpha_1 + \frac{\lambda_2 a_2^2}{2}\sin^2\alpha_2 + \frac{\lambda_1 a_1^2}{4} + \frac{\lambda_2 a_2^2}{4}$$

$$+ \sin\vartheta\,[-Wb + (T_1 a_1 - \lambda_1 a_1^2 \sin\alpha_1)\cos\alpha_1 + (T_2 a_2 + \lambda_2 a_2^2 \sin\alpha_2)\cos\alpha_2]$$
$$+ \cos\vartheta\,[(T_1 a_1 - \lambda_1 a_1^2 \sin\alpha_1)\sin\alpha_1 - (T_2 a_2 + \lambda_2 a_2^2 \sin\alpha_2)\sin\alpha_2]$$
$$+ \sin 2\vartheta\left[\frac{\lambda_1 a_1^2}{4}\sin 2\alpha_1 - \frac{\lambda_2 a_2^2}{4}\sin 2\alpha_2\right]$$
$$+ \cos 2\vartheta\left[-\frac{\lambda_1 a_1^2}{4}\cos 2\alpha_1 - \frac{\lambda_2 a_2^2}{4}\cos 2\alpha_2\right].$$

Man kann das Gleichgewicht in jeder Lage neutral machen, wenn die Koeffizienten von $\sin\vartheta \cdots \cos 2\vartheta$ sämtlich $=0$ gemacht werden können. Man bekommt von den beiden letzten gleich 0 gesetzten Koeffizienten,

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \frac{\pi}{2} \qquad (1)$$

und

$$\lambda_1 a_1^2 = \lambda_2 a_2^2 \qquad (2)$$

Ferner aus den beiden anderen

$$T_1 a_1 \sin\alpha_1 - T_2 a_2 \cos\alpha_1 = \lambda_1 a_1^2 \qquad (3)$$

$$Wb = T_1 a_1 \cos\alpha_1 + T_2 a_2 \sin\alpha_1 \qquad (4)$$

Gleichung (1) bezieht sich auf die Form des starren Systems, (2) auf die Stärke der beiden Federn bei gegebenen a's, — man kann z. B. nehmen $\lambda_1 = \lambda_2$, $a_1 = a_2$; — (3) wird erfüllt durch Regulierung der T's, d. h. der Aufhängepunkte der Federn, und (4) durch die des Gewichtes, — oder auch (3) und (4) können als Gleichungen für T_1 und T_2 aufgefasst werden für festgesetztes Wb (und andere Grössen), — so dass die sämtlichen Bedingungen widerspruchslos erfüllt werden können. Insbesondere lässt die Bedingung (3) eine geometrische Interpretation zu. In der Form

$$\frac{\frac{T_1}{\lambda_1} - a_1 \sin\alpha_1}{a_1 \cos\alpha_1} = \frac{\frac{T_2}{\lambda_2} + a_2 \sin\alpha_2}{a_2 \cos\alpha_2}$$

sagt sie aus: wenn die Elastizitätskoeffizienten λ_1 und λ_2 bis zum ungespannten Zustande der Federn konstant bleiben würden, so sollen ihre unteren Enden in diesem Zustande mit dem Stützpunkt auf derselben Geraden sein.

Man wäre also in der Lage, ein ganz im neutralen Gleichgewicht befindliches System zu konstruieren, wenn man nur von der Abweichung der Federn von der Vertikalität absieht. Diese Abweichung kann man, wenn erwünscht, auch ganz dadurch beseitigen, dass man zwei ähnliche Hebelsysteme mit den Federn, etwa wie in Fig. 3, verknüpft. Da die beiden Massen bei einem Erdbeben in Ruhe, also in konstanter Höhendifferenz bleiben, so bleiben die Federn immer vertikal. In Wirklichkeit muss man aber dem Systeme einen gewissen Grad von Stabilität erteilen: es kommt nicht viel auf die genaue Neutralität an, so dass diese Komplikation der Anordnung nur wenig Nutzen hat.

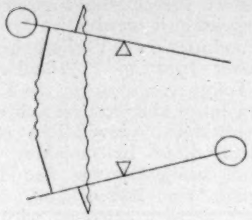


Fig. 3.

Eben des angedeuteten Grundes wegen muss man, um der praktischen Brauchbarkeit sicher zu sein, den Fall untersuchen, wo die Beziehungen vom Gesagten wenig abweichen. Machen wir dies für die spezielle Form, die ich für die zweckmässigste ansehe, nämlich für die, wo $\alpha_1 = 90^0$ und $\alpha_2 = 0$ sein soll. Man findet, dass die zu erfüllenden Beziehungen nebst den kleinen Abweichungen davon durch

$$a_1 = 90^0 + \varepsilon_1,\quad a_2 = \varepsilon_2,\quad a_1 = a_2\sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}} + \delta,$$

$$\frac{T_1}{\lambda_1} = a_1 + \sigma,\quad Wb = -T_1 a_1 \varepsilon_1 + (T_2 + \tau) a_2$$

angegeben werden können, wo ε_1, ε_2, δ, σ, τ alle klein sein sollen. Wenn man durch feine Regulierung von τ (nämlich durch vertikale Verschiebung des oberen Endes der Feder 2) das System näherungsweise in die angedeutete Gleichgewichtslage bringt, so wird τ eine kleine Grösse zweiter Ordnung, und E nimmt, unter ϑ_0 die Gleichgewichtslage verstanden, die Form an:

$$E = [T_2 a_2 \varepsilon_2 - 2 a_1 \lambda_1 \delta - a_1 \lambda_1 \sigma]\left(\frac{(\vartheta - \vartheta_0)^2}{2} - \frac{(\vartheta - \vartheta_0)^4}{24}\right) + a_1{}^2 \lambda_1 (\varepsilon + \varepsilon_2) \frac{(\vartheta - \vartheta_0)^3}{2} + a_1 \lambda_1 \delta \frac{(\vartheta - \vartheta_0)^4}{4}.$$

Hieraus kann man folgende Regulierungsregeln herausziehen:

1. Man bringe die Horizontalität von GB zustande, jedesmal durch Regulierung der Feder 2, welche freilich einer grossen Feinheit bedarf.

2. Man kann sich der Stabilität versichern, indem man σ ganz (algebraisch) klein nimmt, d. h. den Aufhängepunkt der Feder 1 niedrig genug nimmt. Man kann zuerst diese Feder auch ganz spannungslos lassen.

3. Man nehme innerhalb der Stabilitätsgrenze σ immer grösser und grösser und versuche nur mit kleinen Schwingungen, bis das System in einer Richtung labil wird. Wenn die Labilität nach oben geschieht, so ist $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$ positiv, d. h. $\alpha_1 + \alpha_2 > 90^0$: der Winkel muss verkleinert werden; wenn dagegen das System nach unten labil wird, so muss der Winkel vergrössert werden. Hierdurch wird einseitige Labilität vermieden.

4. Man kann, bei so ermittelten und konstant gehaltenen Werten von ε_1 und ε_2, durch gleichzeitige Änderung von δ und σ so verfahren, dass die Periode für kleine Schwingungen ungeändert bleibt; dabei verbessert sich die Stabilität für grössere Amplituden, je grösser δ (folglich je kleiner σ) gemacht wird.

Die kleinen Grössen habe ich alle da eingeführt, wo sich die Regulierungsvorrichtungen am gelegensten anbringen lassen. Der Vorteil der angedeuteten speziellen Form liegt besonders darin, dass die Regulierungen für die Gleichgewichtslage, für Beseitigung der einseitigen Labilität und für die Periode sich unabhängig voneinander machen lassen.

Da man bis zu Gliedern mit ϑ^4 berücksichtigen muss, so muss man doch die Abweichung der Federn von der Vertikalität in Rechnung ziehen. Dies geschieht, für die angegebene spezielle Form auch nicht so umständlich. Man schreibe jetzt E, unter l_1, l_2 die (eventuell virtuellen) natürlichen, unter r_1, r_2 die augenblicklichen, Längen der Federn verstanden, in der Form

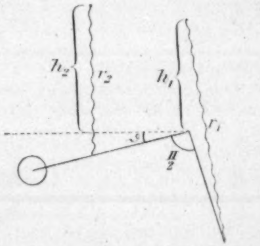


Fig. 4.

$$E = \frac{\lambda_1 (r_1 - l_1)^2}{2} + \frac{\lambda_2 (r_2 - l_2)^2}{2} - Wb \sin\vartheta.$$

Wenn h_1, h_2 die Höhe der Aufhängepunkte der bei $\vartheta = 0$ senkrecht angenommenen Federn über dem Niveau des Stützpunktes bedeuten, so ist

$$r_1{}^2 = a_1{}^2 + h_1{}^2 + 2 a_1 h_1 \cos\vartheta = (a_1 + h_1)^2 - 2 a_1 h_1 \left(\frac{\vartheta^2}{2} - \frac{\vartheta^4}{24}\right),$$

$$r_1 = a_1 + h_1 - \frac{a_1 h_1}{a_1 + h_1}\left(\frac{\vartheta^2}{2} - \frac{\vartheta^4}{24}\right) - \frac{a_1{}^2 h_1{}^2}{(a_1 + h_1)^3} \frac{\vartheta^4}{8},$$

$$r_2{}^2 = (h_2 + a_2 \sin\vartheta)^2 + a_2{}^2 (1 - \cos\vartheta)^2 = h_2{}^2 + 2 a_2 h_2 \sin\vartheta + 2 a_2{}^2 \left(\frac{\vartheta^2}{2} - \frac{\vartheta^4}{24}\right),$$

$$r_2 = h_2 + a_2 \sin\vartheta + \frac{a_2{}^2}{h_2} \cdot \frac{\vartheta^4}{8}.$$

Folglich nimmt E die Form an:

$$E = \text{Konst.} + \left\{a_2\lambda_2(h_2 - l_2) - Wb\right\} \sin\vartheta$$
$$+ \left\{-\lambda_1 a_1 h_1 + \frac{a_1 h_1 l_1 \lambda_1}{a_1 + h_1} + \lambda_2 a_2{}^2\right\}\left(\frac{\vartheta^2}{2} - \frac{\vartheta^4}{24}\right)$$
$$+ \left\{\frac{a_1{}^2 h_1{}^2 l_1 \lambda_1}{(a_1 + h_1)^3} - \frac{a_2{}^2 l_2 \lambda_2}{h_2}\right\}\frac{\vartheta^4}{8}.$$

$a_2\lambda_2(h_2 - l_2) - Wb = 0$ wird befriedigt zuerst näherungsweise durch passende Wahl von Wb, dann aber durch Regulierung von h_2. Es bleibt noch zu genügen

$$-\lambda_1 a_1 h_1 + \frac{a_1 h_1 l_1 \lambda_1}{a_1 + h_1} + \lambda_2 a_2{}^2 = 0,$$

und

$$\frac{a_1{}^2 h_1{}^2 l_1 \lambda_1}{(a_1 + h_1)^3} - \frac{a_2{}^2 l_2 \lambda_2}{h_2} = 0,$$

welche man anzusehen hat, als Gleichungen zur Bestimmung von a_1 und h_1.

Setzt man $\frac{a_1}{a_1 + h_1} = p$, so bestimmt sich p aus

$$x^2 + x^3 \frac{h_2}{l_2} = \frac{a_2{}^2 l_2 \lambda_2}{h_2 l_1{}^2 \lambda_1},$$

wo x für $p(1 - p)$ steht. Mit p berechnen sich a_1 und h_1, so

$$a_1 = \frac{a_2{}^2 l_2 \lambda_2}{l_1 h_2 \lambda_1 p (1 - p)^2}, \qquad h_1 = \frac{a_2{}^2 l_2 \lambda_2}{l_1 h_2 \lambda_1 p^2 (1 - p)}.$$

Für mein erstes Instrument, wo näherungsweise $\lambda_1 = \lambda_2$ gilt, wo also unter Vernachlässigung der Neigung der Federn $a_1 = a_2$ wäre, finde ich für

$$h_2 = 27{,}5, \quad a_2 = 4{,}5, \quad l_1 = l_2 = 17 \text{ cm},$$
$$a_1 = 5{,}3, \quad h_1 = 16{,}7,$$

also ein verhältnismässig grosser Unterschied zwischen a_1 und a_2.

Der Ausdruck des E in den Abweichungen der Dimensionen (früher in ε_1, ε_2, δ, σ, τ) erfährt freilich einige Modifikation, er bleibt aber im grossen und ganzen derselben Natur, und die obigen Regulierungsregeln gelten immer noch.

Was die Schreibvorrichtung anbetrifft, so kann sie, wenn es sich um grosse Erschütterungen handelt (wie um die einer Brücke), die nicht grosser Vergrösserung bedürfen, einen Teil des starren Systems selber bilden, was das Instrument bedeutend vereinfacht. Dasselbe gilt auch für den Fall, wo man (etwa für kontinuierliche Selbstregistrierung), Licht und photographisches Papier benutzen kann. Wenn es dagegen notwendig ist, eine besondere vergrössernde Schreibvorrichtung an das starre System anzuknüpfen, so muss sie an sich selbst (wenigstens näherungsweise) in neutralem Gleichgewicht sein.

Die Vergrösserung kann man bestimmen, wenn man den in Ruhe verharrenden Punkt experimentell durch künstliche vertikale Erschütterung ausfindig macht. Dabei muss natürlich die etwa vorhandene Schreibvorrichtung gehörig angekoppelt werden.

Das Grundprinzip des Vorhergehenden wurde im Dezember 1901 im Physikalischen Kolloquium zu Tokyo vorgetragen, die Konstruktion des Instrumentes aber konnte ich erst neulich (hier in Göttingen) verwirklicht sehen. Das Funktionieren dieses Instrumentes ist ziemlich befriedigend, wenigstens was den Hauptteil betrifft, so dass man hoffen kann, dass es sich als praktisch nützlich erweisen wird.

Die angedeutete Spezialisierung der Form lässt noch viele Einzelheiten verfügbar. Man kann die Hauptmasse in beliebiger Entfernung von der Achse anbringen — dies hat unmittelbaren Einfluss auf die Winkelamplitude; — man kann auch den Druck (in Gleichgewichtslage) an der Achse beliebig, z. B. = 0 machen, was bei besonderen Einrichtungen des Instrumentes von Wichtigkeit sein kann, u. s. w.

Göttingen, August 1903.

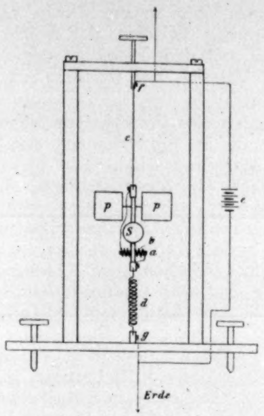
(Eingegangen 17. August 1903.)

Über ein Oszillationsgalvanometer zur Messung elektromagnetischer Strahlung.

Von Erich F. Huth.

Die Beschreibung des magnetischen Detektors von Fleming, geeignet zu quantitativen Messungen, auch in dieser Zeitschrift[1]), veranlasst mich, darauf hinzuweisen, dass ich bereits im September 1902 ein Patent[2]) auf ein Instrument erhalten habe, das gleichfalls zum Zwecke quantitativer Messungen elektrischer Strahlung konstruiert wurde. Die Figur zeigt schematisch den Aufbau des Instrumentes. a ist ein Bündel aus 30 Stahldrähten von 0,1 mm Durchmesser und 16 mm Länge, das von einem Elfenbeinstäbchen getragen wird, welcher durch einen Phosphorbronzefaden c bei f aufgehängt ist. Das untere Ende des Stäbchens ist durch eine Spirale d, ebenfalls aus Phosphorbronze, auf der Grundplatte des Instrumentes bei g befestigt. Die angegebenen Dimensionen des Stahldrahtbündels stellten sich aus einer grossen Zahl von Versuchen als am vorteilhaftesten heraus. p, p sind Dämpfungsflügel aus Papier. e ist eine Akkumulatorenbatterie, welche den Magnetisierungsstrom für das Bündel liefert. Die günstigste Stromstärke ist für diesen Zweck 0,12 Amp. Der Strom geht von e über f und c durch die Magnetisierungsspirale b, durch die Torsionsspirale d über g nach e zurück. Parallel zu diesem Stromkreis liegen die Antennen, die

1) J. A. Fleming, diese Zeitschrift, **4**, 608, 1903.
2) D. R.-P. No. 141377 vom 9. September 1902.



bei f als Luftdraht und bei g als Erdleitung angedeutet sind. Eine Messung mit dem Oszillationsgalvanometer gestaltet sich folgendermassen. Zunächst wird das Bündel a magnetisiert. Infolgedessen versucht es, sich in den magnetischen Meridian einzustellen. Dabei wird die Spirale d tordiert bis Gleichgewicht zwischen den auftretenden Kräften vorhanden ist. Treffen jetzt, nachdem der Magnetisierungsstrom geöffnet worden ist, elektrische Wellen auf die Antennen, so versetzen sie das ganze System elektrisch in Schwingungen und rufen, wie Rutherford[1]) zuerst gezeigt hat, eine Entmagnetisierung des Stahldrahtbündels hervor. Diese Verminderung des magnetischen Momentes hat eine Störung des Gleichgewichtes und eine Drehung des beweglichen Systemes in eine neue Lage zur Folge. Vermittels des Spiegels S wird diese Drehung, die ein Mass für die Grösse der Entmagnetisierung und so für die Intensität der Strahlung ist, in üblicher Weise durch Spiegel und Skala abgelesen. Bei diesem Instrumente wird aber nicht nur die Entmagnetisierung durch schnelle Schwingungen, sondern im Gegensatze zu den bisher verwendeten magnetischen Detektoren, auch die Magnetisierung durch solche Schwingungen benutzt. Wirken die elektrischen Wellen, solange der Magnetisierungsstrom geschlossen ist, so haben sie, wie aus einer grossen Zahl von Versuchen hervorging, eine Magnetisierung zur Folge, die sich gleichfalls in einem Ausschlag, aber von entgegengesetzter Richtung wie vorher, äussert. Dieser Ausschlag ist ebenfalls ein Mass für die Intensität der auffallenden Strahlung. Als Anhalt für die Empfindlichkeit des Instrumentes sei erwähnt, dass bei einer Antennenlänge von 250 cm, einem Abstand des Senders und Empfängers von 220 cm und einer Entfernung der Skala bis zum Spiegel von 175 cm die Ausschläge etwa 250 Skalenteile (mm) betrugen. Die Spannung am Induktorium betrug dabei 14 V. und der Funke am Sender ging in Luft über. Durch Anordnung mehrerer Bündel lässt sich die Empfindlichkeit des Oszillationsgalvanometers beträchtlich erhöhen. Mit Hilfe dieses Instrumentes sind dann folgende Untersuchungen angestellt worden. Abhängigkeit der Strahlung von der Antennenlänge, Einfluss der Erdung auf die Frequenz, Einfluss der Erdung auf die Strahlung und Ersatz der Erdung durch eine Kapazität. Diesen messenden Versuchen ging nach entsprechenden Experimenten die Ausarbeitung einer Theorie des Instrumentes und im Zusammenhang damit eine Theorie der magnetischen Detektoren voraus. Aus dieser ergab sich die Möglichkeit, den Detektor von Marconi zu einem Messinstrument elektrischer Strahlung von doppelter Empfindlichkeit als vorher zu gestalten. Mit der konstruktiven Durchbildung dieses Instrumentes bin ich augenblicklich beschäftigt. Die Resultate der vorher erwähnten Untersuchungen werden demnächst in ausführlicher Form publiziert werden.

Rostock, den 18. August 1903. Physik. Institut der Universität.

(Eingegangen 19. August 1903.)

1) E. Rutherford, Phil. Trans. **189**, 1, 1897.

Über die Ionisierung der Luft durch eine elektrisierte Spitze.[1])

Von A. Righi.

In mehreren Abhandlungen, die ich vor einer Reihe von Jahren veröffentlicht habe[2]), finden sich Versuche beschrieben, welche zeigen, dass die von einer Spitze ausgehenden geladenen Teilchen eine fortschreitende Bewegung annehmen, die nicht merklich von der Richtung der Kraftlinien abweicht. Es ergab sich daraus die Möglichkeit, wenn sich die Spitze gegenüber einer Fläche befand und zwischen beide ein beliebiges Objekt gebracht wurde, auf der Fläche elektrische Schatten zu erhalten, die den bekannten durch die Kathodenstrahlen erzeugten Schatten analog waren. Damals, als ich jene Versuche anstellte, wusste man noch nichts von der modernen Ionentheorie, die heute allgemeine Annahme gefunden hat; die von mir beobachteten Erscheinungen liessen sich deshalb nicht anders erklären als durch die Hypothese einer durch die Luftmoleküle vermittelten elektrischen Überführung oder Kon-

1) Auszug aus den Memorie della R. Accademia di Scienze di Bologna.

2) Die elektrischen Schatten. Mem. della R. Acc. di Bologna (4) **2**, 555; **3**, 461; N. Cim. (3) **11**, 123.

vektion, wobei die häufigen Zusammenstösse zwischen den Teilchen zur Folge haben mussten, dass die zur Richtung der Kraft senkrechte Komponente der Geschwindigkeit der Teilchen niemals einen kleinen Betrag überschreiten konnte.

Nach der modernen Theorie wird die geschilderte Konvektion offenbar durch Ionen vermittelt, deren Ladung mit derjenigen der Spitze gleichnamig ist und deren Bahn nicht merklich von den Kraftlinien abweicht. Die vorliegende Untersuchung betrifft nun gerade Fälle, in welchen zu vermuten war, dass die Ionen sich von den Kraftlinien entfernen und das elektrische Feld verlassen würden.

Zu diesem Zwecke wurde vor der elektrisierten Spitze ein zur Erde abgeleitetes Drahtnetz aufgestellt und es galt, den Durchgang eines Teiles der Ionen durch die Maschen des Netzes nachzuweisen, ähnlich wie in einer Entladungsröhre, deren Gasinhalt in geeignetem Masse verdünnt ist, die positiven Ionen durch eine in der Kathode angebrachte Öffnung hindurchtreten. Im vorliegenden Falle wurde zum Nachweis der Ionen teils das Elektrometer, teils das bekannte elektroskopische Pulvergemisch benutzt.

Versuche mit dem Elektrometer. Eine Spitze P erhält ihre Ladung von einer Elektrisiermaschine und befindet sich samt dieser in einer grossen Metallkiste XY, die mit einer, durch ein Drahtnetz verschlossenen Öffnung AB versehen ist. Eine Metallplatte CD, deren Potential durch ein Elektrometer E gemessen wird, befindet sich ausserhalb der Kiste in veränderlicher Entfernung von AB. Mit der Platte kann, um ihr eine grosse Kapazität zu geben, ein Kondensator M verbunden werden.

Wurde nun die Spitze immer für eine bestimmte Anzahl von Sekunden in Thätigkeit gesetzt, so fand sich zuerst, dass die Platte ein Potential annahm, welches stets von dem gleichen Vorzeichen war wie dasjenige der Spitze, aber mit wachsender Entfernung zwischen Platte und Drahtnetz zuerst bis zu einem Maximum anstieg und dann wieder sank. Dieses unvorhergesehene Resultat rührte indessen davon her, dass die Platte mit zunehmendem Potential eine immer stärkere Abstossung auf die Ionen ausüben muss, welche durch das Drahtnetz hindurchgetreten sind. Man brauchte in der That nur die Kapazität der Platte zu erhöhen oder die Zeitdauer der Einwirkung der Spitze herabzusetzen, so kam das geschilderte abnorme Resultat immer mehr zum Verschwinden.

Wurde endlich das Elektrometer durch ein Galvanometer von grossem Widerstand ersetzt, so erhielt man einen Ausschlag, der mit zunehmender Entfernung zwischen Drahtnetz und Platte immer kleiner wurde. Die Intensität des Stromes, welcher durch die von der Platte aufgenommenen Ionen erzeugt wurde, variierte mit der Entfernung zwischen der Spitze und dem Drahtnetz, mit dem Potential der Spitze und mit dem Material, aus welchem das Netz bestand.

Es kamen vier verschiedene Netze zur Anwendung, die im folgenden mit den Nummern 1 bis 4 bezeichnet sind. Die Messingdrähte, aus welchen dieselben bestehen, sind bezw. 0,0329, 0,0157, 0,0079 und 0,0057 cm dick; der Abstand zwischen zwei benachbarten Drähten beträgt bezw. 0,1671, 0,0204, 0,0117 und 0,0076 cm. Zwischen dem Flächeninhalt der Öffnungen und der Gesamtfläche des Netzes besteht bei den vier Netzen ein Verhältnis von 0,7, 0,32, 0,35 und 0,33. Befand sich die Spitze in 2 cm Entfernung von dem Drahtnetz und wurde mit negativer Elektrizität geladen, so betrug die Stromstärke in Ampère für verschiedene Abstände d zwischen Platte und Netz (die Kolumnen 1 bis 4 beziehen sich der Reihenfolge nach auf die bezeichneten Netze):

d	1	2	3	4
0,5 cm	$1255 \cdot 10^{-10}$	$397 \cdot 10^{-11}$	$144 \cdot 10^{-11}$	$58 \cdot 10^{-11}$
1	363	244	105	39
4	57	88	41	17
8	33	58	22	9

Durch besondere Versuche wurde festgestellt, dass — wie übrigens leicht vorauszusehen war — die von der Spitze ausgesandten und von den Maschen des Netzes durchgelassenen Ionen nicht etwa durch Stoss eine Ionisierung der Luft zwischen Netz und Platte hervorrufen.

Versuche mit dem Pulvergemisch. Wird in sehr geringem Abstand von dem Drahtnetz an Stelle der Metallplatte CD eine Ebonitplatte angebracht und auf diese dann das bekannte Gemisch von Mennige und Schwefel geblasen, so bleibt eines von den Pulvern an der isolierenden Platte haften und zeigt dadurch, dass diese eine Anzahl der Ionen, die von der Spitze ausgesandt wurden, empfangen hat. Diese Ionen verbreiten sich langsam in der Luft, und in einiger Entfernung von dem Netz nimmt infolgedessen die Ebonitplatte fast keine Ladung an.

Ist aber jenseits des Netzes ein neues elektrisches Feld vorhanden, dessen Richtung mit derjenigen des zwischen der Spitze und dem Drahtnetz bestehenden übereinstimmt, so nehmen die Ionen, welche durch das Netz hindurchgetreten sind, eine Bewegung längs der Kraftlinien des Feldes an und sind im stande, Wirkungen nach Art der elektrischen Schatten hervorzubringen.

Der Versuch wurde folgendermassen angeordnet. Vor der geladenen Spitze A (Fig. 2) und senkrecht zu derselben ist eine grosse

Blechwand B aufgestellt, die mit der Erde verbunden ist und eine durch ein Messingdrahtnetz verschlossene kreisförmige Öffnung hat. Jenseits derselben befindet sich eine Ebonitplatte C, die auf ihrer von dem Netz abgewendeten Seite mit einer Stanniolbelegung versehen ist. Ein isolierter Leiter D berührt diese letztere und endigt in eine Kugel E.

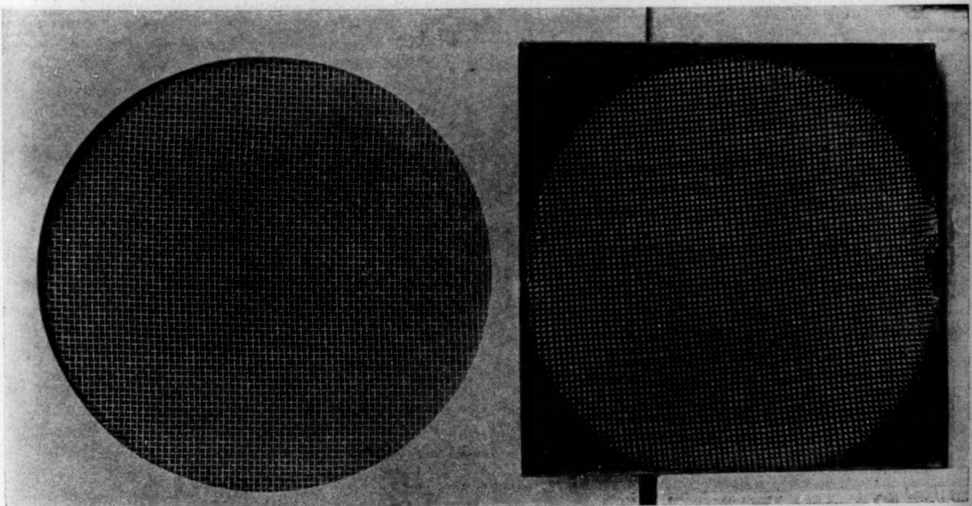
Der Erfolg des Versuches hängt von der Sorgfalt ab, mit der die Ebonitplatte von elektrischen Ladungen und von der Flüssigkeitsschicht, die häufig an ihr haftet, befreit wurde. Beides lässt sich erreichen, indem man die Ebonitplatte unmittelbar vor jedem Versuch über eine nichtleuchtende Flamme hinwegführt. War jedoch die Platte schon benutzt worden, so ist es vorteilhafter, sie zunächst mit einem nassen Stück Leinwand zu waschen; auf diese Weise wird das Pulver, das noch an derselben haften kann, vollständig beseitigt und man verhindert zugleich, dass die Platte durch die Erwärmung bei wiederholtem Gebrauch ihre isolierenden Eigenschaften einbüsst. Nach längerer Benutzung muss freilich die Oberfläche der Ebonitplatte mechanisch erneuert werden.

Nachdem die Ebonitplatte an die in Fig. 2 bezeichnete Stelle gebracht ist, lasse man einige Zeit lang die Spitze wirken, nehme dann die Platte fort und blase das Mennige-Schwefel-Gemisch gegen dieselbe. Keines von den beiden Pulvern wird an der Platte haften, es sei denn, dass die Entfernung zwischen derselben und dem Drahtnetz sehr gering gewesen war; in diesem letzteren Falle findet man über die ganze Platte etwas Mennige (wenn die Spitze A negativ geladen war) oder Schwefel (bei positiver Ladung der Spitze) gleichmässig ausgebreitet. Die Wirkung rührt offenbar von den Ionen her, welche durch das Drahtnetz hindurchgetreten sind und sich zwischen den Luftmolekülen bis zum Ebonit hin ausbreiten.

Ganz anders ist das Ergebnis des Versuches, wenn man, während die Spitze A in Thätigkeit ist, durch passende Ladung der Belegung der Ebonitplatte zwischen dieser und dem Drahtnetz ein elektrisches Feld erzeugt, dessen Richtung eine derartige ist, dass die Ionen gegen den Ebonit getrieben werden. In diesem Falle erreichen die Ionen die isolierende Platte, auch wenn sie sehr weit von dem Drahtnetz entfernt ist; die Platte nimmt elektrische Ladungen an, die sich mit dem Pulvergemisch sichtbar machen lassen und durch ihre Anordnung die geordnete und regelmässige Bewegung der Ionen kenntlich machen.

Der Einfachheit halber soll im folgenden, wenn nichts anderes angegeben ist, stets angenommen werden, die Spitze A erhalte von der Elektrisiermaschine eine negative Ladung. Der Versuch lässt sich nun auf dreierlei Weise ausführen.

a) Die Belegung der Ebonitplatte erhält durch eine Akkumulatorenbatterie ein positives Potential von ungefähr 800 Volt und hierauf wird ein paar Sekunden lang die Spitze in Thätigkeit gesetzt. Wurde dann das Pulvergemisch gegen die Ebonitplatte geblasen, so erschien auf derselben eine von Mennige gebil-



dete Figur von kleinen roten Quadraten von der Grösse der quadratischen Öffnungen des Drahtnetzes und mit Zwischenräumen, in denen sich kein Pulver befand und die den Drähten des Netzes entsprachen.

b) Das gleiche Resultat wurde auch erhalten, als die Spitze beständig in Thätigkeit blieb und die Stanniolbelegung des Ebonits einige Sekunden lang vermittels einer kleinen Influenzmaschine positiv geladen ward.

c) Das gleiche Ergebnis bekam ich ferner, als ich, wie im vorigen Falle, die Spitze beständig wirken liess, nunmehr aber der Kugel *E* den Knopf einer kleinen Leydner Flasche[1]), deren innere Belegung eine positive Ladung erhalten hatte und deren äussere Belegung mit der Erde verbunden war, langsam so weit näherte, dass auf die Kugel ein Funke (aber nur einer) von 5—10 mm Länge übersprang.

Diese verschiedenen Arten, den Versuch anzustellen, sind ähnlich denjenigen, die ich anlässlich der Erzeugung der elektrischen Schatten beschrieben habe; wie dort, so ist auch hier die Methode c diejenige, welche die besten Resultate liefert.

Wurde der Versuch mit dem Drahtnetz Nr. 1 angestellt, das aus Draht von ca. $^1/_3$ mm Dicke mit quadratischen Zwischenräumen von ca. $1\,^2/_3$ mm Seite bestand, so erschien das Pulver auf dem Ebonit in lauter kleinen Quadraten, die durch ein Netzwerk von Linien ohne Pulver voneinander getrennt waren. Die Zahl der auf einer bestimmten Länge nebeneinander vorhandenen Quadrate stimmte mit derjenigen der auf die gleiche Länge kommenden Maschen des Netzes überein. Die Staubfigur ist also die getreue Wiedergabe der Öffnungen des Netzes und bestätigt damit die vollkommen regelmässige Bewegung der Ionen längs der Kraftlinien.

In der Figur ist nach einer photographischen Aufnahme in halber Grösse links die Metallplatte mit der durch das Netz Nr. 1 verschlossenen kreisförmigen Öffnung, rechts die Ebonitplatte mit der daran haftenden Staubfigur wiedergegeben. Die Figur war, anstatt der bisher vorausgesetzten negativen Ladung, mit positiver Ladung der Spitze erhalten worden, weil der bei positiver Ladung auf dem Ebonit sich ansammelnde Schwefelstaub vermöge seiner hellen Farbe sich besser zur photographischen Aufnahme eignet als das Mennigepulver, welches nur ein sehr schwaches, auf dem schwarzen Hintergrund des Ebonits kaum sichtbares Bild erzeugt haben würde.

Noch bemerkenswerter ist der Versuch mit dem Netz Nr. 2, das auf 36 mm Länge etwa 100 Öffnungen besitzt, von denen jede kaum $^1/_5$ mm Seite hat. Das Pulver haftet auch hier an der Ebonitplatte in quadratischen Feldern, die zwar mit blossem Auge nicht sichtbar sind, aber mit einem Vergrösserungsglas deutlich unterschieden werden können. Nur die Ecken der kleinen Quadrate sind in diesem Falle etwas abgerundet, und zwar ist dies um so mehr der Fall, je gröber das Korn des elektroskopischen Pulvergemisches ist.

Zur Demonstration vor einem Auditorium ist der geschilderte Versuch nicht geeignet, weil die kleinen mit Staub bedeckten quadratischen Flächen auch bei Anwendung des Netzes Nr. 1 nur aus der Nähe, bei Anwendung der anderen Netze überhaupt kaum mit blossem Auge zu unterscheiden sind. Will man in der Vorlesung zeigen, dass die Ionen, welche die Maschen des Netzes passiert haben, sich längs der Kraftlinien bewegen, so greift man besser zu den Versuchen über elektrische Schatten. Ich habe früher[1]) einen Versuch beschrieben, der für die negativen Ionen, welche von einer mit ultraviolettem Lichte bestrahlten Platte ausgesandt werden, die analoge Erscheinung demonstriert. Auf ganz ähnliche Weise kann man auch im vorliegenden Falle verfahren.

Ein beliebiger Gegenstand, gleichgültig ob aus leitendem oder isolierendem Material, etwa ein passend ausgeschnittenes Stück Pappdeckel, wird, am besten auf der gegen die Spitze gekehrten Seite, auf dem Drahtnetz befestigt. Wird der Versuch dann in der gewöhnlichen Weise angestellt, so erhält man auf der Ebonitplatte ein getreues Abbild der Kartonfigur, weil da, wo sich dieselbe auf die Ebonitplatte projiziert, das Mennigepulver auf dieser fehlt, bezw. durch den Schwefel ersetzt ist.

Das Ergebnis wird etwas anders, wenn man den erwähnten Gegenstand nicht mit dem Drahtnetz in Berührung, sondern zwischen dieses und die Ebonitplatte bringt. In diesem Falle wird der Schatten infolge der Ladungen, welche die Ionen an den Gegenstand abgeben, oder infolge der Influenzladung des letzteren, falls derselbe ein Leiter ist, etwas deformiert.

Eine sehr bedeutende Änderung erleidet der Schatten, wenn der schattenwerfende Gegenstand sich zwischen der Spitze und dem Drahtnetz befindet, denn in diesem Falle nimmt nicht allein der Gegenstand während des Versuches eine stärkere Ladung an, sondern es hat auch die Divergenz der von der Spitze ausgehenden Kraftlinien eine Vergrösserung des Schattens zur Folge. Mit einem kleinen Kreuz aus Ebonit, das ich zwischen die Spitze und das Drahtnetz

1) Die Kapazität derselben muss ungefähr so gross sein, wie diejenige von einer der Leydner Flaschen, die mit den kleinen Influenzmaschinen verbunden zu sein pflegen.

1) Sui fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni. 2. Abhandlung. Atti del R. Ist. Veneto (6) **7**; Nuov. Cim. (3) **25**, 193.

brachte, bekam ich ein vergrössertes Bild desselben, das wie aufgeblasen aussah. Die Erklärung bietet nach dem Gesagten keine Schwierigkeit. Das kleine Kreuz hält einen Teil der Ionen in ihrer Bewegung auf und es bildet sich auf dem Drahtnetz ein unsichtbarer Schatten, das heisst ein Gebiet, zu welchem die Ionen nicht mehr gelangen. In dem zu diesem Gebiet gehörigen Raume jenseits des Netzes sind also keine Ionen vorhanden und auf dem Ebonit entsteht deshalb ein elektrischer Schatten, der mit demjenigen identisch ist, welchen man erhalten würde, wenn die Ebonitplatte sich selbst an Stelle des Netzes befände.

Ähnliche Versuche wie die im Vorstehenden beschriebenen lassen sich auch unter Anwendung von Metallpulvern erzielen, von der in meiner citierten Abhandlung ebenfalls die Rede gewesen ist.

Das Drahtnetz wird in diesem Falle horizontal unter der nach unten gerichteten Spitze angebracht; unterhalb des Netzes befindet sich eine isolierte Metallplatte *C*, auf welche man ein mit feinem Zinkfeilicht bestreutes Blatt glattes weisses Papier legt.

Während die Spitze *A* beständig funktioniert, erteilt man der Platte *C* einige Sekunden hindurch vermittels einer kleinen Influenzmaschine eine Ladung von entgegengesetztem Vorzeichen wie diejenige der Spitze, wobei man sie gleichzeitig von unten her mit einer Ebonitstange leicht erschüttert. Das leitende Pulver wird dann durch elektrische Abstossung von denjenigen Stellen des Papiers, zu welchen die Ionen durch das Netz hindurch nicht gelangen können, weggetrieben und bleibt dagegen an den Stellen, welche von den Ionen getroffen werden. Stellt man den Versuch z. B. mit dem weitmaschigen Netz Nr. 1 an, so bilden sich auf dem Papier lauter kleine, mit Metallfeilicht bedeckte Quadrate zwischen einem Netzwerk von weissen, nicht mit Feilicht bedeckten Linien; die kleinen Quadrate sind genau die Projektion der Öffnungen des Netzes. Bringt man auf dieses, oder auch über oder unter dasselbe, einen beliebigen Gegenstand, so zeichnet sich der Schatten des Gegenstandes auf dem Papier als weisses, das heisst nicht mit Feilicht bedecktes Gebiet ab.

(Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau).

(Eingegangen am 15. Juli 1903.)

Zur Kenntnis des unipolaren Leitvermögens in erhitzten Gasen bei Atmosphärendruck.

Von Alfred Byk.

(Mitteilung aus dem Institut für physikalische Chemie der Universität Göttingen.)

Nähert man einem geladenen Elektroskop in Luft oder Kohlensäure einen glühenden Metalldraht, so wird, wenn der Draht sich in einem bestimmten Temperaturintervall befindet, nur negative Elektrizität entladen, nicht aber positive. Diese Erscheinung des sogenannten unipolaren Leitvermögens ist näher von Guthrie[1]), Elster und Geitel[2]), Mc Clelland[3]), Richardson[4]) untersucht worden. Guthrie und Mc Clelland haben mit Gasen von Atmosphärendruck, der letztere sowie Elster und Geitel mit Gasen unter vermindertem Druck, Richardson endlich im hohen Vakuum gearbeitet. Es zeigt sich, dass, je weiter der Druck sinkt, desto mehr der Einfluss des Gases gegen den der Elektroden zurücktritt; ja Richardson meint, gezeigt zu haben, dass Platin im hohen Vakuum bei Erhitzung reine Kathodenstrahlen aussendet, indem er die Abhängigkeit des Sättigungsstromes von der Temperatur dieser Vorstellung entsprechend fand.

Während aber Elster und Geitel den Grund des Leitvermögens ausschliesslich in Vorgängen an den Elektroden suchen und zu seiner Erklärung nur die von ihnen beobachteten Voltaeffekte heranziehen[5]), ist Mc Clelland der Ansicht, dass wenigstens bei Atmosphärendruck das Leitvermögen wesentlich auf einer im Inneren des Gases vor sich gehenden Ionisierung beruht und dass auch bei verminderten Drucken diese Ionisierung neben der Elektrisierung an der Elektrode mitspielt.[6])

Bei allen bisher angestellten Versuchen war nur die eine der beiden Elektroden heiss. Wenn diese Versuchsanordnung wohl auch für die Untersuchung des Anteils der Vorgänge an der Elektrode am Leitvermögen zweckmässig ist, so eignet sie sich doch nicht für die Klarstellung des im Gase selbst durch Temperaturerhöhung hervorgebrachten Leitvermögens. Denn das Gas ist dabei in seinen verschiedenen Teilen ungleich temperiert und befindet sich nicht in einem wohldefinierten Temperaturzustand. Will man also Anhaltspunkte zu einer Entscheidung zwischen den Anschauungen von Mc Clelland einerseits und Elster und Geitel andererseits gewinnen, so muss man in einem Gase von gleichmässig hoher Temperatur arbeiten.

Dazu diente folgender Apparat (Fig. 1).

Ein mit Platindraht umwickeltes Thonrohr *O* dient als elektrischer Ofen, der in seinem Inneren eine auf eine hinreichend lange Strecke kon-

1) Guthrie, Philos. Magaz. **46**, 257, 1873.
2) Elster und Geitel, Ber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Mathem.-Naturw. Klasse 92, IIa (1888); Wiedem. Ann. **38**, 27.
3) Mc Clelland, Proceed. of the Cambr. Philos. Society 1900, p. 241; 1902, p. 296.
4) Richardson, Proceed. of the Cambr. Phil. Soc. 1902, p. 286.
5) Elster und Geitel, Wied. Annalen **38**, 28, 1889.
6) Mc Clelland, Proceed. of the Chambr. Philos. Soc. 1902, p. 305.

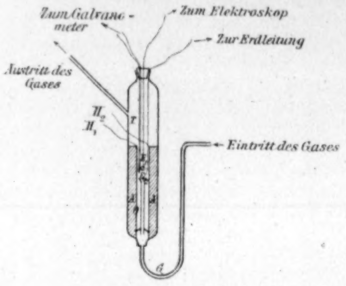


Fig. 1.

stante Temperatur hervorzubringen gestattet. Dieser Ofen ist von einem Glasmantel G umgeben, durch den Gase hindurchgeleitet werden können und der durch eine Asbestschicht A gegen die Strahlung des Ofens gestützt wird. Bei den Versuchen wurde das ganze Glasgefäss zur Kühlung in Wasser gestellt. Im Inneren des Thoncylinders ist ein zweiter kleinerer Cylinder derselben Art eingekittet, auf den ein kleines Näpfchen aufgesetzt werden kann. Dieses ist zur Aufnahme verschiedenartiger Metallelektroden E_2 bestimmt, die durch einen an dem das Glasgefäss verschliessenden Gummistopfen vorbeigeführten Draht zur Erde abgeleitet werden. Durch diesen Gummistopfen sind ferner isoliert eingeführt: 1. eine Platinelektrode E_1, die unten zu einer horizontalen Spirale aufgewickelt ist; sie ist mit dem Elektroskop verbunden und im Gummistopfen mit Bernstein isoliert; 2. ein Thermoelement T aus Platin/Platin-Iridium, das mit schmelzendem Zink und siedendem Wasser geeicht und für niedere Temperaturen durch den Schmelzpunkt des Kadmiums, für höhere mit Hilfe des üblichen Thermoelements $Pt|Pt.Rh.$ kontrolliert war. H_1 und H_2 sind die Heizdrähte des Ofens.

Es wurde nun zunächst der Tiegel leer gelassen, der Apparat mit Kohlensäure gefüllt und das Thermoelement als zweite Elektrode benutzt, indem man eine Klemme des Galvanometers zur Erde ableitete. Das Elektroskop wurde nacheinander mit negativer nnd positiver Elektrizität aufgeladen und die Abnahme seiner Ladung mit wachsender Temperatur zeitlich verfolgt. Ebenso wurde verfahren, nachdem man in das Schälchen der Reihe nach blanke Elektroden aus Zink, Silber, Platin und Kupfer gebracht hatte. Bei einem Versuche wurde dann auch die Kohlensäure durch atmosphärische Luft ersetzt.

Dabei ergab sich in allen Fällen in Übereinstimmung mit den früheren Beobachtungen, dass die Leitung eine negativ unipolare war, das heisst, dass die negative Elektrizität merklich bei niederer Temperatur entladen wurde, als die positive, und zwar ergaben sich innerhalb der Grenzen der Bestimmbarkeit diese Temperaturen als gleich; die negative wurde durchgehends bei etwa 440°, die positive bei etwa 600° entladen. Folgendes Diagramm (Fig. 2) giebt ein Bild von der Art und Weise, in der das Elektroskop mit Erhöhung der Temperatur seine Isolation verlor, soweit sie bei dem angewandten Verfahren mit Sicherheit konstatiert werden konnte.

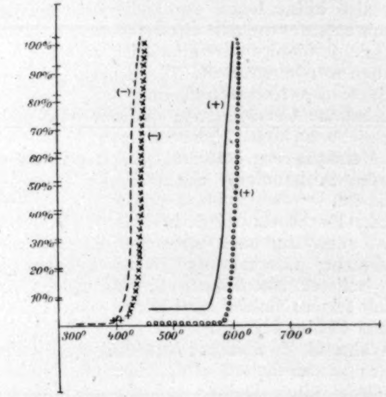


Fig. 2.

Die Abszissen bezeichnen die Temperaturen in Celsiusgraden, die Ordinaten den Abfall der Blättchen des Elektroskops pro Minute bei der betreffenden Temperatur in Prozenten des gesamten Skalenwertes des jeweiligen Ausschlags der Blättchen. Die ausgezogenen und gestrichelten Linien beziehen sich auf einen Versuch, bei welchem sich ausser dem Thermoelement und der Platinelektrode E_1 eine Kupferelektrode im Ofen befand und die Gasfüllung aus Kohlensäure bestand; die mit Kreuzchen und Kreisen bezeichneten Linien geben die Entladung für Platinelektrode und Thermoelement ohne dritte Elektrode bei Füllung des Apparates mit Luft; man sieht, dass die Entladungstemperaturen in beiden Fällen merklich die gleichen sind. Für eine Reihe anderer Versuche mögen hier nur die Temperaturen angegeben werden, bei welchen für eine der beiden Elektrizitäten vollständige Entladung eingetreten war.

Platinelektrode,	Thermoelement,			Entl. für (+)	Entl. für (−)
Platinelektrode,	Thermoelement,	keine 3e Elektrode,	CO_2-Füll.	590°	400°
„	„	Zinkelektrode	„	600°	440°
„	„	Silberelektrode	„	610°	440°
„	„	reine Platinelektrode	„	590°	435°
„	„	Kupferelektrode	„	600°	440°
„	„	keine 3e Elektrode,	Luft-Füll.	610°	445°

Man sieht hieraus, dass das unipolare Leitvermögen in dichten Gasen von der Natur der abgeleiteten Elektrode merklich unabhängig ist und dass auch der Ersatz von Luft durch Kohlensäure keine wesentlichen Änderungen herbeiführt. Das stimmt überein mit der Beobachtung Mc Clellands[1]), wonach der von ihm beobachtete Strom durch das Gas sich kaum ändert, wenn man die Platinelektrode durch andere Metalle, die Luft durch Kohlensäure ersetzt. Hingegen wurde der Beginn der Entladung für negative Elektrizität erheblich unter Rotglut (diese beginnt ja bei ungefähr 520⁰) gefunden, während Mc Clelland[2]) meint, sie beginne, wenn der Körper eben zu leuchten anfange.

Hätte das Leitvermögen seinen Ursprung an der Elektrode, so dürfte man erwarten, dass, wenn man neben der Platin-Iridiumelektrode (dem Thermoelement) solche von anderen Metallen anwendet, die eine oder die andere unter ihnen die positive oder die negative Elektrizität früher ableiten würde, als gerade die Platin-Iridiumelektrode. Das war auch erwartet worden, und diese Vermutung hatte ursprünglich die Veranlassung zu der Arbeit gegeben. Namentlich hätte man meinen können, dass analog wie bei der lichtelektrischen Entladung[3]) die Basizität des Elektrodenmetalls eine Rolle spielen würde. Da aber das Leitvermögen von der Natur der Elektrode unabhängig ist, so hat man wohl als seine Ursache an einen Vorgang im Inneren des Gases infolge der Temperaturerhöhung zu denken.

Schärfer konnte das auf folgende Weise gezeigt werden. Rührte, wie Elster und Geitel annehmen, das Leitvermögen von einer Elektrisierung des Gases an der Elektrode her, so mussten bei zwei gleichartigen, gleichheissen Elektroden schon sozusagen aus Symmetriegründen beide Elektrizitäten gleichleicht entladen werden, und es musste die Erscheinung des unipolaren Leitvermögens unter diesen Umständen unmöglich sein. Nach Elster und Geitel haben wir uns den Vorgang der Entladung des negativ geladenen Elektroskops so vorzustellen, dass an der zur Erde abgeleiteten heissen Elektrode (E_2 in unserer Figur 3a) sich die Luft positiv elektrisiert und diese positive Ladung der Luft die auf dem Elektroskop befindliche negative neutralisiert. Ist nun aber die Elektrode E_1 gleich heiss wie E_2 und aus demselben Metall, so muss die Luft an ihr ebenfalls sich selbst positiv, das Metall dagegen negativ elektrisieren; es wird also durch diese auf E_1 entstehende negative Ladung auch

1) Mc Clelland, Proceed. of the Cambr. Phil. Soc. 1902, p. 297.
2) Ebenda, p. 296.
3) Wulf, Drudes Ann. 9, 950.

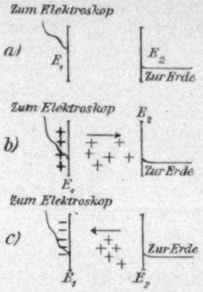


Fig. 3.

eine positive Ladung des Elektroskops neutralisiert und damit dieses entladen werden können. Ist dagegen das Leitvermögen durch eine Ionisierung des Gases selbst bedingt, so ist es wegen des nichtsymmetrischen Charakters der beiden Elektrizitäten sehr wohl möglich, dass bei bestimmten Temperaturen das Leitvermögen ein ausschliesslich negatives ist. Die positiven Teilchen, die unter diesen Umständen wesentlich die Leitung übernehmen, werden von einer negativ geladenen Elektrode angezogen und neutralisieren sie. Von einer positiv geladenen dagegen werden sie abgestossen und können keine Entladung herbeiführen. Dies wird durch Fig. 3b und 3c anschaulich, wobei die beigesetzten Pfeile die Richtung angeben, in der die positiven Ionen des Gases getrieben werden.

Um den Versuch mit zwei gleichartigen Elektroden reinlich ausführen zu können, musste natürlich das Thermoelement entfernt werden. Dann konnte aber nicht mehr wie vorher das unipolare Leitvermögen in der Weise festgestellt werden, dass man die Entladungstemperaturen eines mit positiver und eines mit negativer Elektrizität geladenen Elektroskops aufsuchte. Um es auch in diesem Falle zu konstatieren, wurde folgendermassen verfahren. Im Gebiete des unipolaren Leitvermögens zeigt sich eine eigentümliche Ladungserscheinung. Man kann das Elektroskop mit einem Hartgummistab positiv aufladen, ohne es zu berühren oder zur Erde abzuleiten. Nähert man ihm den Stab, so divergieren die Blättchen zunächst, indem die negative Elektrizität in sie hineinströmt; diese fliesst aber schnell durch das für sie leitend gewordene Gas ab, und die Blättchen fallen wieder zusammen. Entfernt man nun den Hartgummistab, so breitet sich die bisher im Knopf festgehaltene positive Elektrizität über die Blättchen aus, die divergieren, und hält sich dort dauernd, weil ja das Gas bei der betreffenden Temperatur für sie nicht leitend ist. Mit Hilfe dieses Versuches kann man immer

feststellen, ob bei einer bestimmten Temperatur unipolares Leitvermögen vorhanden ist.

Es wurde nun also diejenige Stromstärke für den Heizstrom des elektrischen Ofens aufgesucht, bei welcher sich die gewünschte Temperatur stationär einstellte. Dazu wurde das Thermoelement entfernt und der stationäre Zustand eingestellt, wobei beide Elektroden aus reinem Platin bestanden und der Apparat mit Luft gefüllt war. Es ergab sich ein starkes, negativ unipolares Leitvermögen. Danach ist es sehr wahrscheinlich, dass das Leitvermögen von Gasen unter Atmosphärendruck wesentlich dadurch zustande kommt, dass sie infolge einer im Gasinneren auftretenden Ionisierung, nicht aber einer Elektrisierung an den Elektroden leitend werden.

Die Verhältnisse sind analog wie bei der Gewinnung radioaktiver Substanzen aus der atmosphärischen Luft durch Elster und Geitel.[1]) Es ergab sich nämlich, dass negativ geladene Metalldrähte an der Luft stark aktiv werden, positive aber nicht. Da nun die Aktivierung in diesem Falle nach Rutherford[2]) auf der Anziehung positiv geladener Teilchen aus der Luft besteht, so sieht man, dass auch schon bei gewöhnlicher Temperatur die Luft, soweit es sich um diese Erscheinungen handelt, imstande ist, negative Ladungen zu neutralisieren, nicht aber positive. Ob die beobachteten Effekte mit diesem schon bei gewöhnlicher Temperatur vorhandenen Leitvermögen zusammenhängen, müsste erst durch nähere Untersuchungen festgestellt werden.

Zum Schlusse sei es mir auch an dieser Stelle gestattet, Herrn Prof. Nernst für die Anregung zu dieser Arbeit sowie für die wertvollen Ratschläge bei Ausführung derselben meinen besten Dank auszusprechen.

1) Diese Zeitschrift **3**, 305, 1902.
2) Riecke, Lehrb. d. Physik II (2. Auflage), S. 351.

(Eingegangen 19. August 1903.)

Über das Kondensationsvermögen der durch X-Strahlen ionisierten Luft.

Von J. Campanile und G. di Ciommo.

I.

Mehrere Autoren haben sich bereits mit der Wirkung der X-Strahlen auf Dämpfe beschäftigt; zo zeigte Richarz[1]), dass X-Strahlen, die auf einen empfindlichen Dampfstrahl einwirken, diesen sichtbar kondensieren, wenn die Crookessche Röhre intensive Strahlen aussendet. Er brachte seine Versuche mit ähnlichen von Helmholtz[1]) und von Helmholtz und ihm[2]) gemeinsam ausgeführten in Verbindung, in welchen gezeigt wurde, dass verschiedene chemische oder elektrische Wirkungen, welche isolierte Atome in Freiheit zu setzen vermögen, auf einen empfindlichen Dampfstrahl derart wirken, dass sie Wolkenbildung hervorrufen; hieraus entnahm er, dass die X-Strahlen die Luft ionisieren.

Andererseits zeigte Wilson[3]), dass mit Wasserdampf gesättigte, staubfreie Luft, auch ohne Einwirkung von X-Strahlen, eine Dampfkondensation erfährt, wenn man sie einer raschen Expansion, welche eine bestimmte kritische Grösse überschreitet, aussetzt.

Jedoch ist bei Einwirkung der X-Strahlen die Zahl der Tropfen, die wir durch die Kondensation erhalten, beträchtlich grösser; auch überdauert die Wolke die Einwirkung der X-Strahlen um einige Minuten, während sie sofort verschwindet, wenn die Expansion in gewöhnlicher Luft vor sich geht. Wir wissen nicht, ob es Arbeiten giebt, welche das Kondensationsvermögen der X-Strahlen auch mit anderen Dämpfen als dem Wasserdampf behandeln. Wir haben in diesem ersten Teil unserer Arbeit den Richarzschen Versuch wiederholt mit Anwendung von Dämpfen von Äthylalkohol[4]) und stellten dabei fest, dass auch ein Strahl Alkoholdampf durch die Einwirkung intensiver X-Strahlen sichtbar gemacht wird. Unsere Versuchsanordnung ist folgende. Die Apparate, welche die X-Strahlen produzieren, sind in einen grossen Zinkkasten eingeschlossen, der vollkommene Verbindung mit der Erde hat; gegenüber der Antikathode der Röhre, ist in eine Wand des Kastens ein rundes Loch von 12 cm Durchmesser geschnitten, welches mit einer dünnen Aluminiumplatte geschlossen ist. Der Strahl von Alkoholdampf wird durch das Kochen von Alkohol in einer Retorte erzeugt; diese steht ausreichend entfernt von der Aluminiumplatte, zu welcher der Dampf durch eine lange, vorn zugespitzte Glasröhre geleitet wird.

Ohne X-Strahlen war der Dampfstrahl kaum sichtbar; sowie jedoch die Spule arbeitete und die Strahlen erzeugt wurden, sah man den von einer Wolke scharf begrenzten Dampfstrahl.

1) Richarz, Action des rayons Röntgen sur un jet de vapeur. Journ. de Physique S. 3. T. VI, pag. 36.

1) Helmholtz, Wied. Ann. **32**, 1, 1883.
2) Helmholtz-Richarz, Wied. Ann. **40**, 161, 1890.
3) Wilson, Action des rayons X sur la condensation des vapeurs. Journ. de Phys. s. 3. T. VI, p. 502.
4) Um den Dampfstrahl vor Induktionen der Spule zu schützen, verwendet Richarz einen grossen, mit dünnen Bleiplättchen belegten Karton, der Verbindung mit der Erde hat; wir schliessen statt dessen alle X-Strahlen erzeugenden Apparate in einen Metallkasten, wie weiterhin ausführlich beschrieben wird.

II.

Bei diesen, wie auch bei den oben angeführten Versuchen geht die Kondensation unter bestimmten Bedingungen vor sich; der Dampf wird den X-Strahlen ausgesetzt: 1) entweder unter der Form eines empfindlichen Dampfstrahles (Versuche von Richarz und uns) oder 2) er muss sich mit der Luft aus einem gegebenen Anfangsvolum zu einem anderen gegebenen Endvolumen sehr schnell ausdehnen (Wilsonsche Versuche).

Kann nun die Verdichtung von Dämpfen verschiedener Flüssigkeiten unter anderen als den oben angeführten Bedingungen vor sich gehen, z. B. in beschleunigter Verdampfung in der freien Luft?

Die Lösung dieser Frage soll uns jetzt beschäftigen; wir gingen folgendermassen vor.

In eine Kapsel aus dünnem Aluminium von etwa $10 \times 10 \times 1$ cm gossen wir nacheinander die verschiedenen Flüssigkeiten, die flüchtig oder auch nicht flüchtig waren, sei es von selbst, sei es, dass ein Strom trockener Luft darüber geblasen wurde. Diese auf einen Paraffinblock gestellte Kapsel wird nun der Wirkung der X-Strahlen vor dem vorhin beschriebenen Loch des Zinkkastens ausgesetzt; doch wird bei diesem Versuch das Loch mit einer dünnen Blechplatte abgeschlossen.[1])

Die Kapsel ist mit der Nadel eines Thomson-Villarischen Elektrometers verbunden und wird bei jeder Messung zu einem Potential von ungefähr 7,2 Volt durch eine passende Anzahl Daniellscher Elemente geladen. Die Quadrantenpaare des Elektrometers ladet eine Batterie von 100 Voltaschen Elementen — Zink, Wasser, Kupfer —; diese sind vollständig von der Erde isoliert. Der Apparat ist so empfindlich, dass ein Volt die Nadel des Elektrometers um etwa 58 Teilstriche ablenkt; die Skala befindet sich etwa 1 m vom Spiegel entfernt. Die Röhre, die die X-Strahlen erzeugt, hat die übliche Birnform.

Wir laden nun die Kapsel, leer oder mit einer Flüssigkeit darin, und warten, bis der Zeiger des Elektrometers ganz feststeht; nun lässt man die Crookessche Röhre wirken, isoliert die Kapsel von der Ladungsbatterie, und nachdem der Zeiger des Elektrometers einen bestimmten Teilstrich der Skala passiert hat (1 cm vom Ruhemaximum[2]) entfernt), zählen wir die Zeit mittels eines Sekundenstechers und bestimmen die Zahl von Teilstrichen, die der Zeiger in 30″ sinkt. Auf diese Messung lassen wir eine zweite folgen, bei welcher von oben her über der Kapsel mit einem Blasebalg ein Strom von trockener, staubfreier Luft bei etwa 12 cm Wasserdruck[1]) getrieben wird. Handelt es sich um eine flüchtige Flüssigkeit, so beschleunigt das Blasen die Verdampfung derart, dass eine grössere Menge von Dampf als nur spontan sich in der freien Luft entwickelt, den X-Strahlen ausgesetzt wird. Ist die Flüssigkeit nicht verdampfbar, so erneuert das Blasen beständig die Luft über der Kapsel. Wir konnten so durch die Verschiedenheit den Einfluss des Blasens auf die durch die X-Strahlen erzeugte Entladung bei wechselnden Flüssigkeiten in der Kapsel messen.

Die in nachstehenden Tabellen eingetragenen Resultate sind für jede Flüssigkeit das Mittel aus zwei Messungsserien, von denen jede Serie wieder das Mittel aus fünf Beobachtungen enthält, die abwechselnd mit und ohne zugeblasenen Luftstrom gemacht sind. Die verschiedenen Versuchsreihen wurden so ausgeführt, dass die Messungen untereinander vergleichbar waren, es lag stets ein längeres Zeitintervall zwischen je zwei Messungen.

Die Ladung der Kapsel war bei diesen Versuchen positiv; es genügt, aus den verschiedenen Versuchsreihen nur nachstehende vorzulegen, da die Resultate stets ausreichend übereinstimmen.

In der Kapsel enthaltene Flüssigkeit	Entladung in Teilstrichen		Unterschied zwischen I u. II
	I ohne Zublasen	II mit Zublasen	
Die leere Kapsel	159,3	137,2	22,1
40 Proz. Alkohol	186,6	134,5	52,1
Glycerin . . .	152,9	128,5	24,4
Vaseline (Öl) .	153,1	130,3	22,8

Man ersieht, dass das Luftzublasen die Wirkung der X-Strahlen stets herabsetzt; die Herabsetzung ist gleichstark bei einer leeren, wie bei einer mit Glycerin und mit Vaselineöl gefüllten Kapsel, die nicht verdampfbare Flüssigkeiten sind; sie ist viel stärker bei dem Alkohol, welcher verdampfbar ist.

Die Leitungsfähigkeit oder Nichtleitungsfähigkeit der Flüssigkeit hat keinen Einfluss; es lässt sich kein Unterschied feststellen zwischen dem nichtleitenden Vaselineöl und dem Glycerin, welches in dünnstem Strahl mit dem Boden verbunden das Elektrometer sehr schnell entlud.

1) Wir verwendeten die Blechplatte statt der Aluminiumplatte, weil letztere, indem sie eine grosse Menge von X-Strahlen passieren lässt, die elektrisierte Kapsel sehr rasch entladet; die Nadel des Elektrometers erhält im Anfang einen starken Impuls, der die Beobachtungen stört; die Gründe hierfür haben wir in einer früheren Arbeit auseinandergesetzt. Siehe diese Zeitschrift **38**, 401, 1900.

2) Die Gründe für diese Art des Verfahrens bei Beginn der Messungen sind ausführlich in unserer früheren Arbeit behandelt: „Über die von X-Strahlen bewirkte Entladung eines Kondensators bei Veränderung des Potentials und der Kapazität." Siehe diese Zeitschr. **38**, 401—407, 1900.

1) Die mit dem Blasebalg geblasene Luft ging durch eine lange Röhre mit Calciumchlorür und durch noch eine, welche aufgezupfte Watte enthielt.

Die in allen Fällen durch das Blasen bewirkte Herabsetzung erklärt sich dadurch, dass dieses die x-durchstrahlte Luft vom elektrisierten Körper entfernt, was schon Villari[1]) gefunden hatte. Die ungleiche Herabsetzung bei verdampfbaren oder nicht verdampfbaren Flüssigkeiten wird durch unsere folgenden Versuche sichergestellt.

1. Bei Verwendung von Wasser gelangten wir zu analogen Resultaten wie bei Verwendung von Alkohol, wie aus folgender, aus einer grossen Zahl herausgegriffenen Tabelle hervorgeht.

In der Kapsel enthaltene Flüssigkeit	Entladung in Teilstrichen		Unterschied zwischen I u. II
	I ohne Zublasen	II mit Zublasen	
Leere Kapsel .	173,5	130,5	43,0
Reines Wasser .	175,2	115	60,2

2. Wir bedeckten die Kapsel mit dünnem Karton und bliesen den Luftstrom darauf. Die durch das Zublasen beschleunigte Verdampfung wird hierdurch verhindert; die Resultate sind folgende:

In der Kapsel enthaltene Flüssigkeit	Entladung in Teilstrichen		Unterschied zwischen I u. II
	I ohne Zublasen	II mit Zublasen	
Leere Kapsel .	174,8	152,5	22,3
Äthyl-Alkohol aufgedeckt .	189,3	143	46,3
Alkoh. zugedeckt	189,0	167	22,0
Glycerin . . .	119,5	87	32,5
Glycerin zugedeckt . . .	108	74	34

Es ergiebt sich, dass der Karton beim Glycerin den durch die X-Strahlen erzeugten Unterschied bei Einwirkung des Luftstroms nicht verändert hat, wohl aber hat er einen derartigen Unterschied zu stande gebracht beim bedeckten Alkohol bis zu der Höhe, wie ihn die leere Kapsel aufweist. Die grösste Verlangsamung der Entladung, welche sich also bei Blasen eines Luftstromes über verdampfbare Flüssigkeiten erreichen lässt, scheint der durch die Verdampfung herabgesetzten Wirkung der X-Strahlen zuzuschreiben zu sein.

Wir glauben dieses Phänomen mit der Annahme erklären zu können, dass das Kondensationsvermögen der x-durchstrahlten Luft sich nicht nur an einem sinnlich wahrnehmbaren Dampfstrahl und an dem gesättigten Dampf, welcher in der sehr rasch expandierten Luft enthalten ist, wirksam erweist, sondern dass es auch die in der Luft zerstreuten Dämpfe, in welchem Zustand sie sich auch befinden mögen, beeinflusst.

Ist die Luft durch die X-Strahlen ionisiert, so ziehen die positiv elektrisierte Kapsel und Flüssigkeit die negativen Ionen an; bläst man nun auf eine verdampfbare Flüssigkeit, so treffen diese negativen Ionen auf die Dämpfe und kondensieren sie zum Teil; bei dieser Kondensationsarbeit verlieren sie zum Teil ihre entladende Kraft und entladen folglich die Kapsel weniger schnell als wenn keine Kondensation vor sich geht.

Nun hat Wilson[1]) gefunden, dass die negativen Ionen bei der Auslösung der Kondensation von gesättigten, der Expansion ausgesetzten Dämpfen wirksamer sind; ist unsere Hypothese begründet, so muss, wenn man die Ladung der Flüssigkeit umkehrt, sich ein kleinerer Unterschied finden als bei der positiven Ladung, weil in solchem Fall die positiven Ionen angezogen werden; da diese weniger wirksam bei Auslösung der Kondensation sind, so leisten sie auch weniger Arbeit und verlieren folglich in geringerem Verhältnis ihre entladende Kraft.

Die Resultate bestätigen diesen Schluss vollkommen und geben unserer Betrachtungsweise grösseren Nachdruck.

Folgende Tabelle ist aus vielen übereinstimmenden Versuchen hervorgegangen:

Negative Ladung. In der Kapsel enthaltene Flüssigkeit	Entladung in Teilstrichen		Unterschied zwischen I u. II
	I ohne Zublasen	II mit Zublasen	
Leere Kapsel .	213	173	40
Kapsel m. Wasser gefüllt . . .	213,3	165	44,4
Kapsel mit Alkohol gefüllt.	222	168,5	53,5

Um sicher zu sein, dass in jedem einzelnen Falle die beobachtete Verzögerung nicht von einer Ladung abhängt, die der Dampf unter der Einwirkung der X-Strahlen erwirbt und die durch den Luftstrom auf die Kapsel übertragen wird, liessen wir jedesmal, während die Nadel des Elektrometers im natürlichen Zustande war, die X-Strahlen und den Luftstrom wirken, und fanden dabei stets, dass keinerlei Ladung auf die Kapsel übertragen wurde.

Zusammenfassung.

Aus unseren Versuchen lässt sich folgendes schliessen:

1. Die x-durchstrahlte Luft hat die Eigentümlichkeit, einen empfindlichen Dampfstrahl

1) E. Villari, Dell'azione dei tubi opachi sui raggi X etc. Rend. Acc. dei Lincei, Vol. V, serie 5a, fasc. 2.

1) Wilson fand, dass die zur Kondensation des Wassers nötige Übersättigung bei negativ geladenen Ionen der Expansion $\frac{V_2}{V_1} = 1,25$ entspricht; (V_2 und V_1 sind End- und Anfangsvolumen); während bei positiven Ionen die Übersättigung der Expansion $\frac{V_2}{V_1} = 1,31$ entspricht. Die beiden Übersättigungen verhalten sich sich also wie 4 zu 6. Siehe Journal de Physique S. 3. T. IX, p. 304.

auch von anderen Flüssigkeiten als Wasser zu verdichten.

2. Die x-durchstrahlte Luft verdichtet auch jene Dämpfe, welche selbstthätig in der Luft entstehen, wenn eine Flüssigkeit in einer elektrisierten metallischen Kapsel enthalten ist.

3. Es bestätigt sich, dass negative Ionen für die Auslösung der Kondensation der Dämpfe wirksamer sind als positive Ionen.

Wir beabsichtigen fernere Versuche mit solchen Dämpfen vorzunehmen, die sich in geschilderter Weise aus Flüssigkeiten entwickeln, welche nicht in einer elektrisierten metallischen Kapsel enthalten sind. Wir halten für möglich, dass wir dadurch einen Beitrag liefern können zur Erklärung der elektrischen Eigenschaften der Luft bei heiterem Himmel in den niedrigen Regionen der Atmosphäre und des Bodens. Wir hoffen demnächst die Resultate der bereits in Angriff genommenen Versuche vorzulegen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 8. August 1903.)

Versuche über Radioaktivität und die Entstehung von Helium aus Radium.[1]

Von W. Ramsay und F. Soddy.

1. Versuche über die Radioaktivität der trägen Gase der Atmosphäre. In den letzten Jahren sind viele Untersuchungen angestellt worden von Elster und Geitel, Wilson, Strutt, Rutherford, Cooke, Allen und anderen über die Selbstionisation der Gase der Atmosphäre und über die aus ihr erhältliche erregte (induzierte) Radioaktivität. Es gewann Interesse, festzustellen, ob die trägen einatomigen Gase der Atmosphäre einen Anteil an diesen Erscheinungen haben. Für diesen Zweck wurde ein kleines Elektroskop angewendet, das in einer etwa 20 cm³ fassenden, inwendig mit Zinnfolie ausgekleideten Glasröhre enthalten war. Nach dem Laden hielt der Apparat, wenn er leer gepumpt war, seine Ladung ohne Verlust 36 Stunden lang. Einlass von Luft verursachte eine langsame Abnahme. In ähnlichen Versuchen mit Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon — das letzte war mit Sauerstoff gemischt — war der Betrag der Entladung proportional der Dichte und dem Drucke des Gases. Dies zeigt, dass die Gase keine spezielle eigene Radioaktivität besitzen, und steht im Einklang mit der bereits von jenen Forschern gegebenen Erklärung, dass das elektrische Leitvermögen der Luft von einer fremden Radioaktivität verursacht wird.

Es wurden auch Versuche mit den Rückständen angestellt, welche bleiben, wenn verflüssigte Luft nahezu vollständig verdampft wird; der Erfolg war der gleiche; es wird keine Zunahme in dem Zerstreuungsvermögen hervorgebracht durch Konzentration eines möglicherweise radioaktiven Bestandteils der Atmosphäre.[1]

2. Versuche über die Natur der radioaktiven Emanation des Radiums. Das Wort „Emanation", zuerst von Boyle gebraucht („substantielle Emanationen aus den Himmelskörpern"), ist von Rutherford neu belebt worden zur Bezeichnung gewisser Substanzen gasförmigen Charakters, welche fortwährend von anderen Substanzen hervorgebracht werden. Die Bezeichnung wurde auch von Russell in nahezu demselben Sinne gebraucht („Emanation aus Wasserstoffsuperoxyd"). Wenn das Beiwort „radioaktiv" hinzugefügt wird, ist die Erscheinung Rutherfords von den Erscheinungen unterschieden, welche Russell beobachtete. In diesem Abschnitt ist von der Emanation oder dem radioaktiven Gase aus Radium die Rede. Rutherford und Soddy untersuchten die chemische Natur der Thoremanation (Phil. Mag. 1902, 580) und diejenige der Radiumemanation (ebenda 1903, 457) und kamen zu dem Schlusse, dass diese Emanationen träge Gase sind, welche dem Angriff von Reagenzien in einer Weise widerstehen, wie sie bis jetzt nur bei den Gliedern der Argonfamilie beobachtet wurde. Zu diesem Schlusse kamen sie, weil die Emanationen aus Thor und Radium über Platin- und Palladiumschwarz, Bleichromat, Zinkstaub und Magnesiumpulver bei Rotglut geleitet werden konnten, ohne dass sie eine Änderung erfuhren.

Wir haben unterdes gefunden, dass die Radiumemanation in Mischung mit Sauerstoff über Alkali der länger dauernden Wirkung von Funken widersteht und ebenso während mehrerer Stunden der Wirkung eines erhitzten Gemisches von Magnesiumpulver und Kalk. Das entladende Vermögen hatte sich nach dieser Behandlung ungeändert erhalten und insofern eine beträchtliche Menge Radium zur Verwendung kam,

1) Die vorliegende Abhandlung ist enthalten in Nature **68**, 354, 1903, 13. Aug. und in Proc. Roy. Soc. **72**, 204, 1903. Es sei daran erinnert, dass bereits Ende vorigen Jahres von E. Rutherford und F. Soddy in ihrer grossen Untersuchung über die Natur und Ursache der Radioaktivität (Phil. Mag. [6] **4**, 370—396, 569—585, 1902) die Vermutung ausgesprochen wurde, dass Helium und Argon Umwandlungsprodukte radioaktiver Elemente seien. Und es sei dem Übers. erlaubt, darauf hinzuweisen, dass er schon Anfang des vorigen Jahres in seinem Buche: Die Elektrizität in Gasen, Leipzig 1902, 34 die Ursache der Radioaktivität in dem Zerfall und der Verwandlung chemischer Atome vermutete und zeigte, dass die Energieentwicklung bei der Genesis chemischer Atome eine ganz riesige sein muss.

1) Bemerk. d. Übers. H. Ebert (Sitz.-Ber. d. Münchener Ak. d. W. 1903, 133) ist zu einem positiven Resultat bei ähnlichen Versuchen gelangt. Er erhielt radioaktive Rückstände bei der Verdampfung verflüssigter atmosphärischer Luft.

konnte das Selbstleuchten des Gases als optischer Beweis seiner Fortdauer benutzt werden.

In einem Versuch, in welchem die Emanation gemischt mit Sauerstoff einige Stunden lang über Alkali durchfunkt worden war, genügte ein kleiner Bruchteil der ganzen Mischung, um das Elektroskop fast momentan zu entladen. Von der gleichen Gasmenge wurde der Sauerstoff durch erhitzten Phosphor entfernt, ohne dass ein sichtbarer Rückstand blieb. Wenn jedoch ein anderes Gas eingeleitet wurde, so dass es mit den Enden der Röhre in Berührung kam, und wenn es dann wieder fortgeleitet wurde, so zeigte sich die Emanation in ungeändertem Betrage vorhanden. Es scheint darum, dass Verbrennen von Phosphor in Sauerstoff und Durchfunken in Mischung mit Sauerstoff keinen Einfluss auf das Gas haben, insoweit durch seine radioaktiven Eigenschaften gezeigt werden kann.

Die Versuche mit Magnesium-Kalk waren strenger quantitativ. Die Methode, das Gas vor und nach der Behandlung mit dem Reagens zu prüfen, bestand darin, dass $^1/_{2000}$ des mit Luft gemischten Ganzen genommen und nach der Einführung in das Elektroskopgefäss der Betrag der Entladung geprüft wurde. Die Magnesium-Kalk-Röhre glühte hell, als die Mischung aus Emanation und Luft eingelassen wurde, und wurde auf Rotglut 3 Stunden lang gehalten. Das Gas wurde dann mit etwas Wasserstoff gewaschen, mit Luft verdünnt und wie zuvor geprüft. Es wurde gefunden, dass das entladende Vermögen des Gases durch diese Behandlung ganz und gar nicht geändert worden war.

Die Emanation kann wie ein Gas behandelt werden; sie kann mit Hilfe einer Töplerpumpe ausgezogen werden; sie kann kondensiert werden in einer U-Röhre, die von flüssiger Luft umgeben ist; und in kondensiertem Zustand kann sie mit einem anderen Gas „gewaschen" werden, das vollständig weggepumpt werden kann und das dann kein Leuchten und so gut wie kein Entladungsvermögen zeigt. Das Vordringen der Emanation von Stelle zu Stelle in Glasröhren kann mit dem Auge in einem verdunkelten Zimmer verfolgt werden. Bei Öffnung eines Hahnes zwischen einer die Emanation enthaltende Röhre und der Pumpe kann die langsame Strömung durch die Kapillarröhre beobachtet werden, ferner der schnelle Durchgang durch weitere Röhren, der Verzug, welcher ein Stopfen von Phosphorpentoxyd verursacht, und die plötzliche Diffusion in das Reservoir der Pumpe. Bei der Kompression wurde das Leuchten intensiver und, wenn die kleine Gasblase durch das kapillare Steigrohr getrieben wurde, war sie intensiv leuchtend.

Das Verhalten der auf dem Glase von der Emanation zurückgelassenen erregten Aktivität konnte auch gut beobachtet werden. Wenn die Emanation kurze Zeit in Berührung mit dem Glase gelassen worden ist, hält sich die erregte Aktivität nur eine kurze Zeit; aber wenn die Emanation lange Zeit aufbewahrt worden ist, nimmt die erregte Aktivität langsamer ab.

Die Emanation bringt in ähnlicher Weise wie die Radiumsalze selbst chemische Wirkungen hervor. Wenn die Emanation, die von 50 mg Radiumbromid nach der Auflösung in Wasser zusammen mit Sauerstoff in einer kleinen Glasröhre über Quecksilber aufbewahrt wird, so macht sie das Glas in einer einzigen Nacht deutlich violett; bei Gegenwart von Feuchtigkeit bedeckt sich das Quecksilber mit einer Haut roten Oxydes, bei Trockenheit scheint es nicht angegriffen zu werden. Eine Mischung der Emanation mit Sauerstoff erzeugt Kohlensäure beim Durchgehen durch einen angefetteten Hahn.

3. Vorkommen von Helium in den aus Radiumbromid entwickelten Gasen. Das Gas, welches aus 20 mg reinem Radiumbromid (das nach eingezogener Erkundigung vor drei Monaten hergestellt worden war) bei seiner Auflösung in Wasser entwickelt wurde und welches hauptsächlich aus Wasserstoff und Sauerstoff bestand (vgl. Giesel, Ber. 1903, 347) wurde auf Helium untersucht, indem der Wasser- und Sauerstoff durch die Berührung mit einer rotglühenden, teilweise oxydierten Kupferdrahtspirale und der gebildete Wasserdampf durch eine Phosphorpentoxydröhre entfernt wurde. Das Gas mündete in eine kleine Vakuumröhre; diese zeigte das Spektrum von Kohlensäure. Die Vakuumröhre stand in Verbindung mit einer kleinen U-Röhre und die letztere wurde dann mit flüssiger Luft gekühlt. Hierdurch wurde die Intensität des CO_2-Spektrums stark geschwächt, und es erschien die D_3-Linie des Heliums. Das Zusammenfallen wurde dadurch festgestellt, dass das Heliumspektrum in das Spektroskop durch das Vergleichsprisma geworfen wurde, die Übereinstimmung wurde bis auf mindestens 0,5 einer Angström-Einheit sichergestellt.

Der Versuch wurde sorgfältig mit einem Apparat aus bis dahin ungebrauchtem Glas mit 30 mg Radiumbromid wiederholt, das wahrscheinlich vier oder fünf Monate alt war und uns gütigst von Prof. Rutherford geliehen wurde. Die entwickelten Gase wurden auf ihrem Wege zu der Vakuumröhre durch ein gekühltes U-Rohr geleitet, welches Kohlensäure und die Emanation vollkommen aufhielt. Es wurde das Heliumspektrum erhalten und es wurden praktisch alle Linien gesehen, einschliesslich diejenigen bei 6677, 5876, 5016, 4932, 4713 und 4472. Auch waren drei Linien von der unge-

fähren Wellenlänge 6180, 5695, 5455 sichtbar, die bis jetzt noch nicht identifiziert worden sind.

In zwei folgenden Versuchen wurden die aus beiden Lösungen von Radiumbromid entwickelten Gase nach einer viertägigen Ansammlung gemischt, welche in einem jeden Falle ungefähr 2,5 cm³ betrug; die Mischung wurde in ähnlicher Weise untersucht. Die D_3-Linie des Heliums konnte nicht entdeckt werden. Es mag gut sein, die Zusammensetzung festzustellen, welche für die ununterbrochen von einer Radiumlösung erzeugten Gase gefunden wurde; es schien nämlich wahrscheinlich, dass der grosse in der Analyse Bodländers (a. a. O.) sich zeigende Überschuss von Wasserstoff über die wasserliefernde Zusammensetzung herrühren könnte von der grösseren Löslichkeit des Sauerstoffes. In unseren Analysen wurden die Gase mit der Pumpe ausgezogen; die erste gab 28,6, die zweite 29,2 % Sauerstoff. Der geringe Überschuss an Wasserstoff rührt zweifellos her von der Wirkung des Sauerstoffes auf das Fett der Hähne, wovon oben bereits die Rede war. Der Betrag, in dem diese Gase erzeugt werden, ist ungefähr 0,5 cm³ für den Tag und für 50 mg Radiumbromid, was mehr denn zweimal soviel ist, als Bodländer fand.

4. Entstehung von Helium aus der Radiumemanation. Der Betrag der Emanation, die aus 50 mg Radiumbromid im Maximum sich erhalten liess, wurde mittels Sauerstoff in eine mit flüssiger Luft gekühlte U-Röhre geleitet, und diese wurde dann mit der Pumpe geleert. Sie wurde dann mit etwas frischem Sauerstoff ausgewaschen, der dann wieder fortgepumpt wurde. Die an die U-Röhre geschmolzene Vakuumröhre zeigte nach Entfernung der flüssigen Luft keine Spur von Helium. Das Spektrum war offenbar ein neues, wahrscheinlich dasjenige der Emanation; aber dies wurde bis jetzt noch nicht erschöpfend geprüft und wir gedenken demnächst weitere Einzelheiten zu veröffentlichen. Nach einem Stehen vom 17. bis zum 21. Juli erschien das Heliumspektrum, und es wurden die charakteristischen Linien als in der Lage identisch mit denjenigen einer Heliumröhre beobachtet, welche gleichzeitig in das Gesichtsfeld geworfen wurden. Am 22. Juli wurden die gelbe, die grüne, die zwei blauen und die violette gesehen und ausserdem die drei neuen Linien, die in Helium, das von Radium erhalten wird, sich zeigen. Ein Kontrollversuch gab identische Resultate.

(Aus dem Englischen übersetzt von J. Stark-Göttingen.)

(Eingegangen 28. August 1903.)

Zur Glimmentladung bei Atmosphärendruck. Entgegnung auf Herrn Starks Bemerkungen.

Von W. Kaufmann.

Die Einwände, die ich kürzlich in dieser Zeitschrift[1]) gegen einige Versuchsresultate des Herrn Stark[2]) erhob, haben diesem Veranlassung zu einer Erwiderung[3]) gegeben, die mich nicht nur durch ihren Inhalt, sondern auch durch ihre Form nötigt, nochmals etwas ausführlicher auf den Gegenstand einzugehen, als es der Wichtigkeit desselben meiner Ansicht nach entspricht.

Herr Stark beginnt mit dem Ausspruch, dass er „keinen Grund zu finden vermag, warum seine Messungen weniger genau sein sollten wie die meinigen"; ich kann natürlich die Messungen des Herrn Stark nur nach den Zahlen beurteilen, die er veröffentlicht, nicht nach denen, die in seinen Heften stehen. Wenn Herr Stark also nachträglich sagt, dass er „mit einem vorzüglichen Thomsonschen multicellularen Elektrometer die Spannungen unter 400 Volt bestimmt hat, das bei 350 Volt noch 2 Volt abzulesen gestattete", so begreife ich nicht, warum er statt der abgelesenen Zahlen in seiner Publikation nur auf 5 und 10 Volt abgerundete Zahlen angiebt.

Die thatsächliche Ungenauigkeit der Starkschen Messungen lässt sich aber aus seinen mitgeteilten Zahlen auch direkt beweisen:

Denn wenn auch die von mir gefundene Relation zwischen Stromstärke und Gefälle nach Herrn Stark nur eine „Interpolationsformel von eng begrenztem Geltbereich ist" — etwas anderes habe ich gar nicht behauptet, da ich von „einer einfachen empirischen Relation" spreche —, so ist doch jedenfalls so viel sicher, dass zwischen Stromstärke und Gefälle eine stetige Beziehung herrschen wird, solange nicht Grenzstromstärken erreicht werden, bei denen die Entladungsform sich ändert. Man versuche nun einmal die aus den Starkschen Messungen sich ergebenden Gefälle als Funktion des Stromes graphisch aufzutragen und durch eine stetige Kurve zu verbinden. Ich gebe in folgender Tabelle die Zahlen für dV/dL auf Grund der Starkschen Versuche, wie sie sich aus den in der 4. Kolumne angegebenen Intervallen von L ergeben. Die Intervalle sind so gewählt, dass ihre Endpunkte solchen gemessenen Werten entsprechen, die möglichst genau auf den von Herrn Stark durch seine Punkte hindurchgezogenen Geraden liegen.

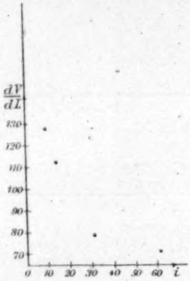
1) Diese Zeitschrift 4, 578, 1903; ein sinnentstellender Druckfehler in der Anmerkung auf S. 580 sei hiermit korrigiert, die 3 letzten Worte müssten heissen: ... „Krümmung kleinere Werte".

2) ibid. 535.

3) ibid. 605.

Tabelle I.

Nr.	i	dV/dL	Intervall
1	9,6	127	1,2—2,7
2	14,4	113	1,2—2,7
3	31,0	79	0,9—3,0
4	62,0	71	0,6—3,0



(Fig. 1 stellt die Verhältnisse graphisch dar.)

Es dürfte wohl schwer fallen, die Punkte durch eine nur einigermassen wahrscheinliche Kurve zu verbinden. Die Messungen 1 und 2 sind mit dünneren, sich stärker erhitzenden Elektroden gemacht als 3 und 4; da aber dickere Elektroden Veranlassung zu einem grösseren Gefälle geben (s. w. u.), so würde bei Anwendung dünnerer Elektroden auch bei 3 und 4 der Verlauf noch unwahrscheinlicher werden, da dann die Punkte 3 und 4 etwas nach unten rücken und eine alle 4 Punkte verbindende Kurve zwischen 2 und 3 einen Wendepunkt erhalten müsste.

Herr Stark wendet sich sodann gegen die von mir gebrauchte Anordnung mit der Bemerkung, „dass gerade bei kleinem Elektrodenabstand zwischen dicken abgerundeten Elektroden die Länge des Glimmstromes stark variabel sei". Da hat Herr Stark durchaus recht, und deshalb habe ich auch, wie er bereits in der ersten Spalte meiner Mitteilung hätte sehen können, nur eine abgerundete Anode, dagegen eine ebene Kathode benutzt. Wenn diese Kathode genügend dick, d. h. genügend gekühlt war, so war die Ansatzstelle des Stromes durchaus konstant und genau der nächsten Stelle der Anode gegenüber. Hier polemisiert also Herr Stark wie auch im folgenden noch mehrfach gegen nicht vorhandene Dinge.

Da Herr Stark den Nullabstand genau bestimmt hat und dabei auch darauf achtete, dass die Elektroden in einer Ebene lagen, so werden die Abweichungen seiner Kurven von den meinigen um so unbegreiflicher. Daran ändern auch die Betrachtungen des Herrn Stark über den Zusammenhang zwischen Länge von Dunkelraum und Glimmlicht in ihrer Abhängigkeit von Gasdichte und Temperatur nichts. Wenn nämlich Herr Stark auf Grund seiner Betrachtungen behauptet, dass bei meiner Anordnung „der Dunkelraum und die negative Glimmschicht kürzer waren als bei seiner", so kann ich ihm nur empfehlen, diese Längen doch einmal zu messen, statt sie auf spekulativem Wege zu ermitteln. Er würde dann finden, dass der Abstand von der Kathode bis zur Spitze des positiven Lichtes bei Anwendung dicker Kupferelektroden 0,15—0,2 mm beträgt.

In einer Verschiedenheit dieser Längen ist also der Grund der Abweichungen zwischen seinen und meinen Resultaten keinesfalls zu suchen. [Übrigens ergiebt sich, wie ich hinzufügen will, aus den von mir erwähnten Messungen des Herrn Stuchtey, dass auch bei dünnen Platinelektroden der von Herrn Stark benutzten Form derselbe sofort ansteigende Kurvenverlauf sich zeigt, wie bei Benutzung der Kupferelektroden.]

Ob die Charakteristik des Glimmstromes bei kalten oder warmen Elektroden „reinlicher" ist, das zu entscheiden, ist lediglich Geschmackssache.

Ich komme nunmehr zu meinen Ausführungen in betreff des Kathodenfalls, die nach Herrn Starks Ansicht „eine Reihe fast ununterbrochener Irrtümer und Ungenauigkeiten" sind. Betreffs des Elektrometers kann ich nur nochmals mein Erstaunen ausdrücken, dass Herr Stark die Spannungen, die er auf zwei Volt abgelesen, auf 5 und 10 Volt abgerundet hat. Wenn Herr Stark ferner in seiner Abhandlung S. 536 wörtlich sagt: „Der konstante Wert der Elektrodenspannung für sehr kleine Elektrodenabstände stellt den normalen Kathodenfall des Glimmstromes dar; er beträgt 340 bis 360 Volt. Kleiner kann die Elektrodenspannung nicht werden . .", so muss man daraus doch schliessen, dass Herr Stark, da er keine Zahlen für Abstände unter 0,15 mm mitgeteilt hat, den in dem letzten soeben angeführten Satz enthaltenen Schluss extrapoliert hat. Quod non in actis, non est in mundo. Wenn Herr Stark seine Schlüsse also auf Grund für noch kleinere Abstände gemessener Zahlen aufbaut, so hätte er eben besser daran gethan, diese Zahlen mitzuteilen. Warum kleinere Elektrodenabstände „nicht mehr genau zu bestimmen waren", ist mir nicht erklärlich; es kann sich doch höchstens um den Nullpunktsfehler handeln und der ist auf die Kurvenform ohne Einfluss.

Herr Stark behauptet sodann, „dass ich Herrn Warburg falsch citierte, zu meinen Gunsten, zu seinen Ungunsten." Ich kann diese Behauptung nur als eine direkte Entstellung der Thatsachen bezeichnen, da es mir überhaupt nicht eingefallen ist, die Warburgschen Zahlen zu meinen oder Herrn Starks Gunsten oder Ungunsten auszulegen. Ebensowenig habe

ich behauptet, 340 Volt sei die „richtige Warburgsche Zahl". Ich habe aus Herrn Starks Angabe (s. das obige wörtliche Citat), dass 340 bis 360 Volt der „normale Kathodenfall sei", geschlossen, dass er die von Warburg für annähernd reinen Stickstoff in einem bestimmten Falle angegebene Zahl von 340 Volt im Sinne gehabt habe; denn irgendwo muss er doch die Zahl, die er als den „normalen Kathodenfall des Glimmstromes" bezeichnet, her haben. Es ist natürlich möglich, dass ich mich da geirrt habe, und dass Herr Stark irgend einen anderen Autor im Sinne gehabt hat. Im übrigen sagte ich nur, dass man aus den nach Warburg von 260 bis 410 Volt schwankenden Zahlen keinen Schluss ziehen könne, welchen Wert man in freier Luft zu erwarten habe. Das nennt Herr Stark einen „Vergleich zu meinen Gunsten etc." Der von Herrn Warburg für sorgfältig gereinigten Stickstoff gefundene Wert von 232 Volt, über dessen Bedeutung Herr Stark mich belehren zu müssen glaubt, wurde von mir nicht erwähnt, nicht weil er mir unbekannt gewesen wäre, sondern weil er hier zu einem Vergleiche gar nicht in Betracht kommen konnte.

Herr Stark weist ferner darauf hin, dass durch etwaige Unstetigkeiten des Stromes ein zu kleines Gefälle erzeugt werde. Ich habe selbstverständlich auf Stetigkeit des Stromes geachtet; ein Telephon ist, wie ich fand, hierzu bei Messung in freier Luft gar nicht nötig, da der Glimmstrom wie ein sprechender Lichtbogen die geringsten Schwankungen direkt hören lässt. Dass übrigens bei unstetigem Strome die am Elektrometer abgelesene Spannung kleiner ist, als bei stetigem, ist mir neu; bei starken Unstetigkeiten ist sie jedenfalls grösser; die Spannung schwankt dann eben zwischen der dem maximalen Strome entsprechenden und der vollen Batteriespannung.

Herr Stark wendet sich sodann gegen meine Vermutung, dass die höhere Elektrodentemperatur bei seiner Anordnung auch eine höhere Temperatur der Gasstrecke bewirkt habe; „nicht die Strombahn werde von den Elektroden her erwärmt, wie Herr Kaufmann grundlos vermutet, sondern das Umgekehrte sei der Fall." Ich habe lediglich gesagt, dass einer heisseren Elektrode cet. par. auch eine heissere Gasstrecke entsprechen müsse; das folgt einfach aus der Theorie der gegenseitigen Zustrahlung. Es ist ganz gleichgültig, ob man mit Herrn Starks Worten sagt, „durch die Elektrode kühlt sich also das Gas ab, und zwar umsomehr, je dicker die Elektrode", oder ob ich sage, „bei Anwendung dünner Elektroden muss aber durch die erhöhte Wärmeausstrahlung der Elektroden auch die Gasstrecke stärker erwärmt und somit verdünnt werden." Herr Stark kommt denn ja auch thatsächlich zu demselben Schlusse, wie ich, dass sich nämlich das kleinere Gefälle im positiven Lichte bei seiner Anordnung (das ja, wie ich angab, auch Herr Stuchtey fand) durch die Temperatur- und somit auch Dichteverschiedenheit der Gasstrecke erklären lasse.

Es sei jedoch ausdrücklich hinzugefügt, dass auch bei den Stuchteyschen Messungen, die ich selbst nochmals nachgeprüft habe, eine deutliche Konvexität der Kurven sich zeigte. Weshalb Herr Stark die Geradlinigkeit seiner Kurven so sehr verteidigt, ist mir völlig unerfindlich, da man z. B. durch die von ihm für $i = 31$ und $i = 62$ angegebenen Punkte ohne Erhöhung des mittleren Fehlers ebensowohl eine schwach gekrümmte, wie eine gerade Linie hindurchziehen kann. Um eine Krümmung von dem aus meinen Kurven sich ergebenden Betrag festzustellen, ist eine äusserst genaue Messung nötig.

Den Grund dafür, dass die Starkschen Werte für das positive Gefälle in meine Interpolationsformel nicht hineinpassen, habe ich in meiner Abhandlung ausdrücklich als in der Verschiedenheit der Elektroden begründet angegeben, und die Übereinstimmung der Stuchteyschen Messungen für $i = 9$ M. A. bezüglich des mittleren Gefälles in der positiven Lichtsäule mit den betreffenden Starkschen Werten betont; es ist also bezüglich dessen, was ich gesagt und gemeint, direkt irreführend, wenn Herr Stark von meiner Regel sagt: „Eine solche Interpolationsformel kann nicht den Anspruch erheben, auf Messungen angewandt zu werden..." Ich habe diesen Anspruch gar nicht erhoben, sondern die Verschiedenheit bloss konstatiert und erklärt.

Zum Schlusse mutet mir noch Herr Stark den Irrtum zu, den dunklen Trennungsraum für eine Schicht angesehen zu haben; ich habe ausdrücklich angegeben, dass die Schicht nur bei ganz bestimmten Stromstärken auftritt, während der dunkle Trennungsraum bei jeder Stromstärke vorhanden ist. Dass Herr M. Töpler bereits Schichten in freier Luft beobachtet hat, ist mir wohl bekannt, doch waren die Versuchsbedingungen, unter denen er sie fand, durchaus andere.

Ich bemerke noch zum Schlusse, dass die Diskussion dieses Falles für mich hierdurch abgeschlossen ist; weiteres Thatsachenmaterial zu den strittigen Punkten wird die Dissertation des Herrn Stuchtey liefern.

Bonn, den 23. August 1903.

(Eingegangen 29. August 1903.)

Über die Bedeutung der Ansatzdrähte und -Platten in der drahtlosen Telegraphie.

Von J. Zenneck.

Eine Erfahrungsthatsache[1]) auf dem Gebiet der drahtlosen Telegraphie ist die folgende. Sowohl die „direkte“ Schaltung als die „induktive“ vorausgesetzt, dass bei ihr die Sekundärspule nur sehr wenig Windungen besitzt[2]), liefert bei der in den Fig. 1a bezw. 1b dargestellten Anordnung nur sehr mangelhafte Schwingungen auf dem Sender. Damit auf dem Sender Schwingungen kräftiger Amplitude zustande kommen, ist es notwendig, dass dem Senderdraht gegenüber ein Ansatz angebracht wird, der im allgemeinen aus einem (evtl. aufgespulten) Draht mit angehängter Kapazität (Metallplatte oder ähnlichem) besteht (Fig. 2a direkte, Fig. 2b induktive Schaltung).

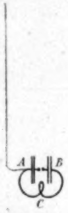


Fig. 1a.

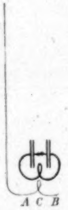


Fig. 1b.

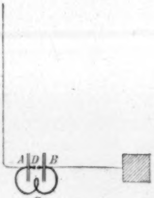


Fig. 2a.

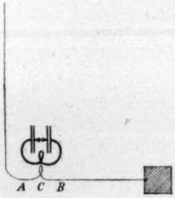


Fig. 2b.

Die Länge des Ansatzdrahtes richtet sich cet. par. nach der Grösse der angehängten Kapazität. In dem einen Grenzfall, wenn diese verschwindend klein bezw. eine Platte oder etwas Entsprechendes gar nicht angehängt ist, muss die Länge des Ansatzdrahtes gleich der Länge des Senderdrahtes sein (Fig. 3a und 3b). Je grösser die Kapazität gewählt wird, um so mehr ist die Länge des Ansatzdrahtes zu verkürzen[1]), im zweiten Grenzfall, wenn die Kapazität sehr gross genommen wird (Erde), auf ein sehr kleines Stück zu reduzieren (Fig. 4a bezw. 4b).

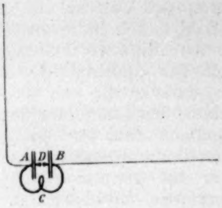


Fig. 3a.

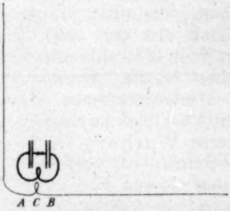


Fig. 3b.

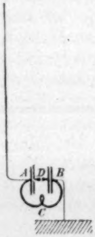


Fig. 4a.

Fig. 4b.

Die Frage, warum ein solcher Ansatz nötig ist, ist schon häufig[2]), ganz besonders in dem durch Fig. 4a und b dargestellten Spezialfall aufgeworfen worden. Eine genügende Erklärung

1) Vgl. z. B. F. Braun, Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft. Leipzig 1901, S. 63.

2) Bei vielen Sekundärwindungen kann man auch bei der Schaltung (Fig. 1b) kräftige Schwingungen auf dem Sender erhalten; dieselben werden aber auch in diesem Falle durch einen Ansatzdraht verstärkt.

1) Vgl. darüber F. Braun, Ann. Phys. **8**, 208f., 1902, und P. Drude, Ann. Phys. **11**, 957ff., 1903.

2) Vgl. z. B. F. Braun, Drahtlose Telegraphie etc. S. 63; Ann. Phys. **8**, 208, 1902; A. Koepsel, „Spielt die Erde bei der drahtlosen Telegraphie eine wesentliche Rolle?“ Dinglers polytechn. Journal, Bd. 318, Heft 25, 1903; G. Voller, diese Zeitschr. **4**, 411, 1903. — Bei der Frage, welche Bedeutung der Erde bei der drahtlosen Telegraphie zukommt, ist zu unterscheiden: 1. Welche Rolle spielt die Erdung irgend eines Teiles des Senderapparats für die Schwingung (Strömung, Spannungsverteilung etc.) auf dem Sender selbst? 2. Welche Rolle spielt die Erde für das elektromagnetische Feld in grosser Entfernung vom Sender, insbesondere die Fortleitung der elektromagnetischen Wellen? Mit der zweiten Frage hat das Folgende nichts zu thun.

hat sie aber meines Wissens bis jetzt nicht gefunden. Die Frage soll deshalb im folgenden besprochen werden unter der speziellen Voraussetzung, dass zwischen Kondensatorkreis und Sender eine so lose Koppelung besteht, dass die Rückwirkung des Senders auf den Kondensatorkreis vernachlässigt werden kann.

1. Vorerst ist bezüglich der direkten Schaltung das Folgende zu bemerken. Setzt man die Differentialgleichungen einmal für die direkte Schaltung (z. B. Fig. 3 a) und dann für die entsprechende induktive Schaltung (z. B. Fig. 3 b) an, so sieht man unmittelbar, dass die beiden Fälle nahezu Identisches ergeben. Der einzige Unterschied ist der: zu dem Glied, welches bei der induktiven Schaltung die wechselseitige Induktion („magnetische Koppelung"[1]) zwischen Kondensatorkreis und Sendersystem (Sender, Sekundärspule, Ansatzdraht) ausdrückt, kommt bei der direkten Schaltung noch ein Glied hinzu, das von der „galvanischen Koppelung" herrührt.[2]) Man ist demnach berechtigt, auch bei der direkten Schaltung gerade so wie bei der induktiven zwei Systeme zu unterscheiden: a) Kondensatorkreis *A C B D* (Fig. 2 a, 3 a, 4 a); b) Sendersystem: Senderdraht, Teil *A C B* des Kondensatorkreises, Ansatzdraht evtl. mit Platte. Es ist aber im allgemeinen bei der Wirkung der beiden Systeme auf einander nicht nur die zwischen ihnen bestehende magnetische Koppelung, sondern auch noch die galvanische in Betracht zu ziehen.[3])

2. Sodann sind wesentlich für das Folgende zwei Punkte:

a) Bei der Grundschwingung eines Oszillators, der aus einem einfachen Drahte besteht, liegt der Strombauch in der Mitte des Drahtes. Wird an den Draht einseitig eine Kapazität (Platte) angehängt, so rückt der Strombauch um so mehr nach dieser Kapazität hin, je grösser cet. par.[4]) diese Kapazität ist. Die Stromkurve eines einfachen Drahtes ist also annähernd diejenige von Fig. 5, diejenige eines Drahtes mit angehängter mittlerer Kapazität diejenige von Fig. 6, eines Drahtes mit angehängter sehr grosser Kapazität diejenige von Fig. 7.

1) Vgl. M. Wien, Wied. Ann. **61**, 151 ff., 1897.

2) Herr Dr. Mandelstam ist mit einer theoretischen Behandlung der direkten und induktiven Anordnung bei beliebiger Koppelung beschäftigt. Ich gehe deshalb auf diese Beziehungen nicht näher ein: sie werden in der Arbeit von Herrn Dr. Mandelstam in allgemeinerer Weise besprochen werden.

3) Dass die Wirkung der galvanischen Koppelung gegenüber derjenigen der magnetischen Koppelung in allen praktisch wichtigen Fällen verschwindet, ist für das Folgende ohne Bedeutung. — Eine andere Auffassung der direkten Schaltung als die eben gegebene ist von Graf Arco (Elektrotechn. Zeitschr. 1903, S. 6 ff.) vertreten, aber von G. Seibt (diese Zeitschr. **4**, 485, 1903) widerlegt worden.

4) Thatsächlich kommt es zweifellos nicht nur auf die elektrostatische Kapazität an.

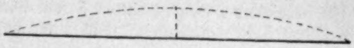


Fig. 5.

b) Ist bei den Eigenschwingungen des sekundären Systems die Strömung auf demselben nicht quasistationär und ist

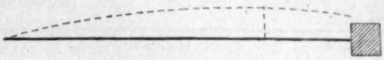


Fig. 6.

die Koppelung zwischen Primär- und Sekundärsystem eine magnetische oder eine galvanische, so muss das Pri-

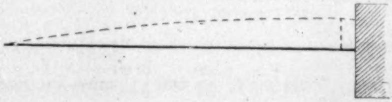


Fig. 7.

märsystem an einer Stelle angebracht sein, an welcher ein Strombauch der Eigenschwingung des Sekundärsystems, die erregt werden soll, liegt. Je näher das Primärsystem einem Stromknoten liegt, um so geringer ist die Wirkung.

Von diesen Sätzen ist *a* genügend bekannt oder aus bekannten Beziehungen unmittelbar abzuleiten.[1]) Satz *b* ergiebt sich am einfachsten, wenn man das von Lord Rayleigh für mechanische Schwingungen angegebene Verfahren[2]) auf den vorliegenden Fall überträgt.

1) Vgl. M. Abraham, Wied. Ann. **66**, 435, 1898, Ann. Phys. **2**, 32, 1900; A. Slaby, Elektr. Zeitschr. 1902, S. 165 ff.; P. Drude, l. c.

2) Lord Rayleigh, Theory of Sound. Vol. I. 2. Aufl. S. 97 ff., 1894. — In dem speziellen Falle von Fig. 3 b hat F. Braun (Drahtl. Telegr. S. 39 f.) darauf hingewiesen, dass die Verhältnisse analog liegen wie bei einer Stahlsaite, die durch einen Elektromagneten in mechanische Schwingungen versetzt wird. „Wenn wir die elektrische Strömung im Sender akustisch mit den Amplituden vergleichen, so verhält sich der Sender wie eine an beiden Enden befestigte Saite . . ., repräsentiert also, wenn er — wie gewöhnlich — an beiden Enden frei in die Luft endet, eine halbe Wellenlänge oder ein Multiplum derselben. Der eine Teil derselben befinde sich vor den lang ausgestreckten Polen eines Elektromagneten. Man errege denselben plötzlich durch einen Wechselstrom, der aber ziemlich schnell abfalle. Die Bewegung, in welche die Saite dadurch gerät, wird ein ungefähres Bild von dem elektrischen Strömungszustand des Senderdrahtes geben. Der elektromagnetisch erregte Teil der Saite entspricht der induktiv erregten Senderpartie. Das Bild . . . genügt . . ., um den folgenden Schluss zu ziehen. Will man möglichst grosse Schwingungen auf der Saite erzielen, so wird man sie in der Mitte, nicht in der Nähe des Endes erregen. Und dies bestätigt sich im elektrischen Versuch." In einem anderen speziellen Fall induktiver Erregung hat F. Braun schon darauf aufmerksam gemacht, dass es auf die Lage des Strombauchs ankommt (Drahtl. Telegr. S. 63): „Man kann den Sender auch derart dimensionieren, dass er (wieder zusammen

Es bezeichne i den gesamten Strom durch einen Querschnitt des Sendersystems, x den längs des Drahtes gemessenen Abstand dieses Querschnitts von einem festen Querschnitt. Dann gilt bei stehenden Schwingungen des Systems für i eine Gleichung von der Form

$$i = f_1(x) \cdot \psi_1(t) + f_2(x) \cdot \psi_2(t) + \cdots,$$

wenn die $f(x)$ Funktionen des Abstandes x, die ψ Funktionen der Zeit t allein bedeuten. Handelt es sich nur um eine einzige Schwingung, so reduziert sich diese Gleichung auf

$$i = f(x) \cdot \psi(t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$f(x)$ giebt die Verteilung der Stromamplitude auf dem Sendersystem, $f(x) = 0$ die Stromknoten $\partial f(x)/\partial x = 0$ die Strombäuche.

Bei freien Schwingungen des Sendersystems ist $\psi(t)$ von der Form

$$\psi = \psi_o \cdot e^{\iota(\nu + \iota\delta) \cdot t}$$

($\iota = \sqrt{-1}$, ν/π = Wechselzahl, δ = Dämpfungsfaktor). Zwischen ψ, $\frac{\partial \psi}{\partial t}$ und $\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$ muss also eine lineare Differentialgleichung der Form

$$a \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} + b \frac{\partial \psi}{\partial t} + c\,\psi = 0 \quad . \quad . \quad (2)$$

bestehen; a, b, c bedeuten darin Konstante des Systems, durch welche die Grösse von ν und δ bestimmt ist. Zu derselben Differentialgleichung muss man gelangen, wenn man die Bedingung ausdrückt, dass in jedem Zeitelement dt der Energieverbrauch gleich der Abnahme des Energievorrats im System ist, d. h.

$$L\,dt + \delta W = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

wenn L den Energieverbrauch pro Zeiteinheit, W den gesamten Energievorrat zur Zeit t bedeutet. Gleichung (3) führt auf Gleichung (2) dann, wenn

$$L = b\,\psi^2$$

$$W = \frac{1}{2}\,a\,\psi^2 + \frac{1}{2}\,c\left\{\int_o^t \psi\,dt\right\}^2$$

ist.

Ist das Sendersystem mit einem Kondensatorkreis gekoppelt, so besteht die Wirkung dieser Koppelung, gleichgültig, ob es magnetische oder galvanische Koppelung ist, darin, dass auf einer gewissen Länge, etwa zwischen $x = x_1$ und $x = x_2$ [1]), eine elektrische Feldintensität erzeugt wird, deren Komponente längs des Sendersystems E sei. Die Energie L_a, die dadurch dem Sendersystem pro Zeiteinheit zugeführt wird, ist

$$= \int_{x_1}^{x_2} E_x \cdot i\,dx\,{}^{1)},$$

wenn E_x den Wert von E an der Stelle x bezeichnet. Jetzt tritt an Stelle von Gleichung (3)

$$L\,dt + \delta W = L_a\,dt$$

und an Stelle von Gleichung (2)

$$a \frac{\partial_2 \psi}{\partial t^2} + b \frac{\partial \psi}{\partial t} + c\,\psi = \frac{\partial}{\partial t}\int_{x_1}^{x_2} E_x \cdot f(x)\,dx \qquad (4)$$

E ist im vorliegenden Falle von der Form

$$E = F(x) \cdot \Psi(t);$$

andererseits enthält $\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$, $\frac{\partial \psi}{\partial t}$, ψ als Faktor die Stromamplitude ψ_o. Es folgt also aus Gleichung (4)

$$\psi_o \sim \int_{x_1}^{x_2} F(x),\ f(x) \cdot dx.$$

Übersichtlich werden die Verhältnisse einmal, wenn E auf der ganzen Länge, auf welcher das Sendersystem der Wirkung des Kondensatorkreises ausgesetzt ist, konstant ist: F_x = constans = F_o. Das tritt bei der direkten Schaltung annähernd ein, wenn der Draht ACB kreisförmig, von gleicher Dicke und gleichem Material ist, bei der induktiven Schaltung, wenn Primär- und Sekundärwindung koaxiale Kreise bilden. Es trifft also annähernd zu in den praktisch fast ausschliesslich in Betracht kommenden Fällen. Dann wird

$$\psi_o \sim F_o \cdot \int_{x_1}^{x_2} f(x)\,dx.$$

Ebenso einfache Beziehungen liefert der 2. Spezialfall: die Strecke $x_1 - x_2$ gegenüber der Wellenlänge der Schwingung so klein, dass $f_{(x)}$ auf dieser Strecke als merklich konstant $= f_{(x)_0}$ betrachtet werden darf. Praktisch wird dies bei loser Koppelung fast immer zutreffen. Dann ist

$$\psi_o \sim f(x)_0 \int_{x = x_1}^{x = x_2} F(x)\,dx.$$

Im ersten Falle wird

$$\int_{x_1}^{x_2} f(x)\,dx,$$

im zweiten $f_{(x)_0}$, in beiden Fällen also die Stromamplitude ψ_o ein Maximum, wenn x_1 und x_2 auf beiden Seiten eines Strombauches liegen.

---

mit der Spule) eine ganze Wellenlänge darstellt. Die Erregerspule liegt dann am besten an einem Strommaximum oder wenigstens in der Nähe desselben; oder sie ist verteilt auf zwei Stellen in der Nähe solcher Punkte."

1) In den Figuren 1—4 würde $x = x_1$ dem Punkt A, $x = x_2$ dem Punkt B oder umgekehrt entsprechen.

1) Dabei ist darauf, dass E und die Strömung auf einem Drahtquerschnitt nicht gleichförmig ist, keine Rücksicht genommen. Die Berücksichtigung dieser Ungleichförmigkeit ändert nichts Wesentliches.

Je näher die Strecke $x_1 - x_2$ d. h. der erregende Kondensatorkreis einem Stromknoten gerückt wird, um so kleiner wird ψ_o. ψ_o verschwindet vollkommen, die Schwingung auf dem Sender wird überhaupt nicht erregt, wenn x_1 und x_2 symmetrisch zu einem Stromknoten liegen und die Stromkurve selbst symmetrisch zu einem Stromknoten verläuft.

3. Die Anwendung der Sätze **2** a und **2** b ergiebt unmittelbar eine Erklärung der anfangs besprochenen Erfahrungsthatsache.

In Fig. 1a und 1b ist das System, welches in Schwingung versetzt werden soll, ein einfacher Draht. Der Kondensatorkreis, der diese Schwingungen erregen soll, liegt aber an einer falschen Stelle, nämlich in der Nähe des Drahtendes, also eines Stromknotens.

In Fig. 2a und 2b wird ebenfalls ein aus einem einfachen Draht gebildetes Sendersystem in Schwingungen versetzt: hier aber liegt der Kondensatorkreis richtig in der Mitte des Systems, also einem Strombauch.

Wirksame Schaltungen stellen auch die Anordnungen Fig. 3a und 3b bezw. 4a und 4b dar. Das Sendersystem besteht hier aus einem Draht mit einseitig angehängter Kapazität. Nach Nr. **2** a kann aber die Länge des Ansatzdrahtes bei vorgegebener Kapazität (oder umgekehrt) stets so gewählt werden, dass an die Stelle, an welcher der Kondensatorkreis angelegt ist, ein Strombauch zu liegen kommt.

Strassburg i. Els., Physikalisches Institut.

(Eingegangen 18. August 1903).

BESPRECHUNGEN.

E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. 8. und 9. neubearbeitete Auflage. Herausgegeben von W. König. X u. 592 S. Leipzig, J. A. Barth, 1902. M. 6,40; geb. M. 7,20.

Schon zwei Jahre nach der 7. Auflage ist diese Doppelauflage nötig geworden, ein Beweis, dass das bewährte Buch auch unter dem neuen Herausgeber sein Ansehen zu erhalten wusste. Jetzt sind, namentlich in der Elektrizitätslehre, einige Kapitel eingefügt über Röntgen- und Becquerelstrahlen, über das sprechende Licht, über elektrische Schwingungen, über die Strahlungsgesetze, während andere, die dem Rahmen der Experimentalphysik ferner liegen, weggelassen sind. Der Herausgeber hat es verstanden, durch diese Hinzufügungen in der für das Lommelsche Buch charakteristischen prägnant anschaulichen Kürze die bekannte Reichhaltigkeit des Inhaltes bis an die Schwelle der Gegenwart heran zu erhalten; wird doch sogar über die Elektronentheorie und den Zeemaneffekt das Grundlegende erwähnt. Die im Text auf Seite 563 stehengebliebene Schreibweise Zeemann, die man leider so oft gedruckt sehen muss, ist hier selbstverständlich einem Druckfehlerteufel zu verdanken, wie die richtige Schreibweise im Namensverzeichnis zum Überfluss beweist. H. Th. Simon.

(Eingegangen 25. Mai 1903.)

J. Zacharias, Elektrische Verbrauchsmesser der Neuzeit für den praktischen Gebrauch dargestellt. Mit 194 Abbildungen im Text und zahlreichen Tabellen. XII u. 351 S. Halle, Wilhelm Knapp. 1901. Preis M. 15.—.

Die elektrischen Verbrauchsmesser sind nicht nur vom Standpunkte der Praxis äusserst wichtige Apparate, sondern sie bieten auch in physikalischer und konstruktiver Hinsicht ungemein viel Interessantes und Belehrendes. Eine grosse Summe von Intelligenz und Scharfsinn steckt in den zahlreichen Konstruktionen. So ist es in der That ein sehr verdienstvolles Werk von dem Verfasser, wenn er in dem vorliegenden vortrefflich ausgestatteten Buche die gangbarsten Typen von Verbrauchsmessern beschrieben hat. Am Schlusse des ersten Teiles wird auch über das Eichen der Zähler das Wichtigste gesagt. Der zweite Teil bringt Auszüge aller deutschen Patente, die auf Verbrauchsmesser Bezug haben. Das Buch ist eine wertvolle Bereicherung unserer elektrotechnischen Litteratur. Allerdings hat der Verfasser, wie fast alle unsere gegenwärtigen elektrotechnischen Autoren, nicht verstanden, die Fülle des Einzelmaterials unter grossen prinzipiellen Gesichtspunkten zu begreifen. In dieser Hinsicht können uns die Franzosen nicht genug zum Muster dienen, die ihre alte klassische Begabung, vortreffliche Darstellungen physikalischer Dinge zu schreiben, auch auf die Elektrotechnik übernommen haben. Gerade über die Verbrauchsmesser existiert eine solche äusserst elegante und lehrreiche Monographie von P. Janet in Journ. de Physique (3), **10**, 717, 1901. Hoffentlich kann der Verfasser in einer zweiten Auflage bald im Sinne dieses Vorbildes sein Buch noch verbessern; darin dürfte z. B. auch die störende Typenverwechslung von *I* mit Zahl 1, die auf Seite 11 und 12 die Theorie des Aronzählers entstellt, korrigiert werden.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 25. Mai 1903.)

K. T. Fischer, **Der naturwissenschaftliche Unterricht in England, insbesondere in Physik und Chemie.** VIII u. 94 S. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner. 1901. Geb. M. 3,60.

Die Frage der Schulreform hat in Preussen durch den letzten kgl. Erlass über die prinzipielle Gleichberechtigung von Gymnasium und Oberrealschule die Lösung gefunden, mit der jede Richtung zufrieden sein kann. Nun mag jede von den beiden Bildungsmächten die Kraft ihres Ringes erweisen. Nicht nur für die humanistischen und die naturwissenschaftlich-mathematischen Real-Mittelschulen, sondern auch für die naturwissenschaftlichen Gruppen der Universität sind mit der Festlegung dieser Operationsbasis gewisse pädagogische Momente in den Vordergrund gerückt. Die Realschulmänner haben zu trachten, den Bildungswert der Naturwissenschaften in möglichster Vollendung zur Geltung kommen zu lassen, die Universität hat die künftigen Oberlehrer mit dem entsprechenden Rüstzeug zu versehen.

Für beide Teile bringt das vorliegende Buch reiche und beherzigenswerte Anregung, indem es das Resultat ähnlich gerichteter Bestrebungen in England auf Grund einer gewissenhaften Studienreise des Verfassers zusammenstellt. In England hat man den Bildungswert der Naturwissenschaften durch die sogenannte „heuristische Methode" aufs reichste zu entfalten gesucht. Man lässt den Schüler von Anfang an alles selbst finden, und zwingt ihn so durch richtig organisierte Praktika, an allem Unterrichte lebendig teilzunehmen, ihn fruchtbar zu verarbeiten. Ist eine derartige Anschauungsmethode bei uns ja keineswegs unbekannt, so zeigt doch das Fischersche Buch, wie ausgedehnt sie auch in Physik und Chemie, ja sogar in Mathematik angewendet werden kann und fruchtbar in England angewendet wird.

Jeder, der sich für die Frage des praktischen Physikunterrichtes interessiert, wird das Fischersche Buch mit vielem Gewinn lesen.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 25. Mai 1903.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt wurden der Baurat Kübler zum Professor für Eisenbahn- und Strassenbau, im Bedarfsfall auch Tunnelbau, an der Technischen Hochschule in Stuttgart, der Chemiker Dr. Eberhard Hackeloer, gen. Köbbinghoff zum Betriebschemiker bei der königlichen Porzellanmanufaktur in Berlin, der bekannte Luftschiffer und ständige Mitarbeiter der königlichen meteorologischen Anstalt, Arthur Berson zum Professor.

Einen Ruf als a. o. Professor der Chemie an die Universität Würzburg erhielt der Privatdozent an der Göttinger Universität Dr. phil. W. Manchot.

Der frühere o. Professor an der Technischen Hochschule in Wien, Hofrat Dr. G. A. v. Petschka, ist, 73 Jahre alt, gestorben.

Berichtigungen.

In dem Artikel „Die absolute Messung der elektrischen Leitfähigkeit und der spezifischen Ionengeschwindigkeit in der Atmosphäre" von H. Gerdien, diese Zeitschrift **4**, Nr. 23, S. 634 zweite Spalte, muss es im Zähler des Ausdruckes für $\varepsilon \, . \, V_p \, n_p$ statt $lg V_2' \, . \, lg V_2''$ heissen $lg V_2' - lg V_2''$ und in der gleichen Spalte Zeile 30 von unten 1903 statt 1901.

Gesuche.

Junger Physiker (Dipl. Fachlehrer), Assistent an der Technischen Hochschule, sucht anderweitige

Assistentenstelle.

Gefl. Offerten unter **F. Z.** an die Expedition.

Ein Physiker,

der auch Kenntnisse der Chemie und Elektrotechnik hat, wird für selbständige Arbeiten auf vorgenannten Gebieten von einer grösseren elektrotechnischen Fabrik gesucht.

Diejenigen Herren Bewerber, welche nach Beendigung ihres Studiums bereits eine oder mehrere Positionen in industriellen Etablissements bekleidet haben, werden bevorzugt.

Gefällige Offerten mit näheren Angaben über Persönlichkeit, bisherige Thätigkeit, Gehaltsforderungen und kürzesten Eintrittstermin wolle man unter **S. H. 152** an die Expedition dieser Zeitschrift einsenden.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.